

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

化学化石——对化石传统概念的补充

王将克 钟月明 罗红红 陈水挾

(中山大学地质系, 广州)



随着现代科学技术的飞速发展,特别是高精度分析技术在各个不同领域中的广泛应用,不但大大促进了这些学科的发展,而且也从中开创了许多新的研究领域。对化学化石——地质体中的生物有机残留物的研究,就是其中的一个方面。由于它是本世纪60年代才发展起来的一个新的研究领域,人们对它的认识和理解还不完全相同。本文将讨论什么是化学化石,它的涵义和内容如何?以化学化石为研究对象的有哪些学科?其研究内容、任务、目的要求怎样?化学化石在地质研究中的意义及其发展前景如何等问题。

一、化学化石及其研究概况

何谓化学化石?迄今为止,国内学术界对其涵义的理解各不相同。现列举如下:其一,认为化学化石是指保存在地层中的古代生物体,分解而形成的各种有机物^[1]。其二,认为古生物的遗体,有的虽被破坏未保存下来,但组成生物的有机成分,经分解后形成各种有机物,如氨基酸、脂肪酸等仍保留在岩层中,这种视之无形,但又具有一定结构的化学分子足以证明过去生物的存在,这类化石称为化学化石。它所研究的对象,实际上是保存在岩层中的生物体未石化的有机物。原来构成生物体的最基本成分是蛋白质、氨基酸等,这些物质统统可以保存在若干化石内或岩层中而未完全“死”去。因此,更确切的说,化学化石可称为古生物化学^[2]。其三,认为古生物遗体虽已消失,但组成生物体的一些有机物,能未经变化或轻微变化地保存在各个时代的岩石中。这些古老有机分子,都具有一定的化学分子结构,能证明古代生物的存在,称为化学化石 (Chemical fossils) 或分子化石 (Molecular fossils)^[3]。

上述几种提法有的把化学化石的涵义局限于保存在岩层中的有机物,而把化石本身的残余有机物忽略了。有的把保存在岩层中的有机物——化学化石看作是“未石化”或“未经变化”的有机物。甚至把化学化石与古生物化学等同起来。

在国外,对地质体中的这些有机残留物也有种种提法,例如S. W. Fox^[4]曾提出生物化学化石, M. G. Ritten^[5]提出分子化石, G. Eglinton和M. Calvin^[6]则提出化学化石 (Chemical fossils), P. H. Abelson^[6]则称此领域为古生物化学 (Paleobiochemistry)。原田

馨^[7]称化学化石为分子古生物学 (Molecular palaeontology)。秋山雅彦^[4]认为化学化石是过去的生物分解生成物、缩合生成物、再分解生成物等的混合物,他提出用古生物分子一词来专指古生物的原先分子,强调古生物分子与化学化石存在的差别,以及它们之间的演化关系 (即古生物分子 $\xrightarrow{\text{化学反应}}$ 化学化石,表1)。因为化学化石是原来的古生物分子,经过成岩作用的变化,其物质成分比古生物的原先分子复杂得多,所以用古生物分子一词来表示古生物的原先分子,可与化学化石区别开来。

综合前人的见解,并从实际情况出发,我们认为化学化石,系指从分子级水平研究地质时期,生物有机残留物质所使用的专业名词。

广义的化学化石是指保留在地层及化石中的各种残留有机组分。狭义的化学化石是专指残留在化石中的有机成分。

地质体中的残留有机组分,就象有形的化石一样,都是地质时期的生物残留下来的,所以,也可以称为化石,它们同一般化石的主要区别在于没有形态结构,用肉眼或借助显微镜都不能直接鉴别,需要通过化学方法及高精度分析技术才能检测出来。化学化石的研究,大大扩大了古生物学的研究领域。

二、与化学化石研究有关的学科

以化学化石为研究对象的学科是近二、三十年内才发展起来的。随着对化学化石的深入研究,已逐渐形成了许多新的边缘学科。这些边缘学科虽然研究目的、要求和任务各不相同,但它们归根到底都是以地

表 1 古生物分子与化学化石的演化关系

Table 1 Evolution relation between molecules of ancient organisms and chemical fossils

古生物分子	古生物分子转化为化学化石所经历的化学反应	化学化石	古生物分子转化为化学化石所需活化能(KCal/mol)
胆 甾 醇	还原反应	胆 甾 烷	
脂 肪 酸	脱羧作用	烃	44 (C ₂₂)
蛋 白 质	水解作用	氨 基 酸	25
L-氨基酸	外消旋作用	D-氨基酸	28.6—31.2
氨 基 酸	脱羧作用 + 脱酰胺基作用	烃	29.4—44
烃	裂 解	烃	66.5
	缩合反应	干 酪 根	
干 酪 根	热 解	烃	

质体中的生物有机残留物——化学化石为研究对象的,只不过是不同的角度研究而已。这些学科比较重要的有古生物化学及其分支学科——生物矿物学等;有机地球化学及其分支学科——石油有机地球化学、氨基酸生物地球化学、氨基酸地质年代学等等^[6]。

古生物化学是介于古生物学与生物化学之间的一门边缘学科,它应用生物化学和有机地球化学原理和方法,研究化石中的残余有机组分及其演化规律。很早以前,就有人怀疑化石中含有有机成分,因为当人们在磨擦象牙化石时发现类似烧毛、角之类的气味。本世纪30年代终于发现了化石中的有机物。美国的P. H. Abelson^[7]用纸层析法,首次在各种化石中发现了多种氨基酸,证实了化石的物质成分中,多少还含有组成生命物质基础的蛋白质、氨基酸等成分。由此可知古生物化学作为一门学科,是从研究化石中的有机物质成分开始的,从各种不同类型和不同时代的化石中可检测出各种有机物。迄今为止,人们从化石中检测出的有机物,如蛋白质及其水解产物氨基酸、脂肪酸、色素、卟啉、酚、烃、多糖类、糖、几丁质、角质等,而且组成生物蛋白质的主要氨基酸大部分已经在化石中找到了。这些成果为进一步开展古生物化学的研究积累了资料。

本世纪60年代以来,古生物化学对化学化石的研

究有如下几个方面:

1. 各时代地层中古生物分子演化规律的研究。我们知道,古生物学工作者通过各地质时期的化石形态结构的研究,已建立起一个古生物分类(演化)系统。通过对各地质时期化石中残余有机成分等的研究,还试图建立一个与古生物形态学相关的,古生物有机分子的演化系统。利用化石中残余有机分子的演化规律来确定地层年代,就象利用化石确定地层年代那样。从各地质时期化石中某些有机化合物的分布情况来看,地质时期的各种有机物并不是同时出现的,其中存在着一个从简单到复杂,从低级到高级的发展过程^[8],它们是随着生物的演化而逐渐发生和发展的^[6]。此外,通过对各时代化石残余氨基酸的研究,和对不同种属的化石显微结构和氨基酸组分的定性和定量分析,也能从中寻找它们的演化规律。

虽然人们可以从不同的角度,去探索化石中残留的古生物分子的演化信息,然而,许多研究仍处于尝试阶段。要进一步建立起各类有机分子的演化系统,并不是轻而易举的事情。这是因为,从地层或化石中提取到的有机物,并不完全代表原来生物的残余有机成分,而是包含着古生物遗体埋藏后经过一系列变化的产物,如微生物、细菌分解产物、缩合产物和再分解产物等等。所以,要建立古生物分子的演化系统,首先必须排除非原来生物所含有的那一部分有机物,即石化过程中发生变化的部分,然后才能将化石分子恢复成原来生物的古分子(即古生物分子)。这是一项相当艰巨而复杂的工作,问题解决的关键是在于将化学化石恢复成为原来生物的古分子。因此,必须将注意力集中到研究硬组织的蛋白质或肽与钙的结合力和提取蛋白质片段——肽的问题上,可能有助于解决这一演化问题。

2. 生命起源问题的研究。众所周知,从前寒武纪地层中,可能找到探索生命起源的直接证据。因为在距今几十亿年前的古老岩层中,仍保存着组成生命基础的有机残留物——化学化石,通过对它的研究来阐明生物进化和生命起源的问题。近十多年来,许多学者已做了大量的工作,在有代表性的堆积岩如在美国的Nonesuch页岩(1 000Ma前)、Gunflint浅燧石(1 900 Ma前)、Soudan页岩(2 700Ma前)和南非的Fig Tree系浅燧石(3 100Ma前)中某些生命残留物为生命起源问题的研究提供了直接证据。新的证据还表明,在美国的Onverwacht系(3 200Ma前)堆积岩中,发现的有机物质显示非生物起源和生物起源的中间性质。由此可见对化学化石的深入研究是非常有意义的,它意味着化学演化和生物进化的交接点更加接近了^[9]。

3. 化石物质成分(有机物、无机物、矿物和微量元素)及生物硬组织形成机理的研究。介于生物学与结晶矿物学之间的边缘学科——生物矿物学(Bio-minerology)起源于对化学化石的研究,是从化石扩大到现代生物方面的研究,它应用结晶矿物学及生物化学的原理和方法研究生物硬组织的成分及其形成机理。当前生物矿物学的研究除以现代生物为对象,从生物个体发育方面来研究硬组织的成分及形成机理外,还以化石为对象,从系统发生方面来研究。就化石而言,目前主要是对化石中物质成分(包括有机物和无机矿物元素)的定性定量及硬组织形成机理(如生物硬组织内的蛋白质、肽和氨基酸对钙的结合能力等)的研究。

从生物矿物学的观点研究化学化石主要是研究化石的物质成分及硬组织形成机理。从化学化石中可以分离出与无机盐结合的蛋白质、肽和氨基酸。研究中发现这些有机物与无机盐的结合逐渐形成了生物硬组织,有机物对硬组织形成起了重要的作用。由此可推知,生物体硬组织的矿物与自然界的矿物成因是截然不同的。生物体硬组织的矿物实质上是生物新陈代谢的产物,其成分来源于生物体本身。

残留在地质体中的生命有机物质,范围很广,不同的学科只研究其中的一部分内容。氨基酸生物地球化学就是其中的一例。它是一门应用蛋白质化学和地球化学的原理和方法研究地质体中蛋白质、肽及其水解产物氨基酸在成岩过程中的保存状态、分布形式和演化规律的学科。与其相应发展的还有另一门应用学科——氨基酸地质年代学,它是利用化石中的有机残留物即蛋白质氨基酸的某些性质——外消旋反应原理测定化石地质年龄、古地温和沉积速率等等。

综上所述,虽然各学科都以化学化石——地质体中生物有机残留物为研究对象,但根据各学科具体的目的任务不同,它们也采用不同的方法有侧重地研究化学化石的某些方面,作为古生物化学及其分枝学科,研究化学化石主要侧重于恢复古生物分子,其目的是探索地质时期生物的演化规律,从而丰富和充实传统古生物学关于化石形态学研究的内容。而作为有机地球化学分支学科的氨基酸地质年代学,则只侧重研究化学化石中氨基酸的某些性质——外消旋反应,其目的主要是测定化石地质年代。

此外,虽然许多学科都以地质体的生物有机残留物作为研究对象,但是不一定所有研究地质体中生物有机残留物的学科,都使用化学化石这一专业名词,它们常根据其研究方法、目的要求和侧重面的不同,而选用不同的专业名词。如古生物化学研究化石中的

有机残留物,就采用“化学化石”这一名称,但是有机地球化学却不然,它侧重于探索有机残留物的成岩过程,聚集形式和分布规律等,其目的是弄清有机矿产的形成规律,这些来自生物体的有机残留物都是炭质成分,也可称为含炭化合物,而不象古生物化学那样称之为化学化石。

三、化学化石研究的意义和发展前景

化学化石是地质学领域中的研究内容之一,其研究范围是相当广泛的,内容亦是丰富的。从我国现有资料看来,具形态结构的化石,其存在的时代界限,下限距今约为1200—1400Ma,上限为全新世(距今12000年前)。而化学化石存在的时代界限,下限为中元古代以前(早至距今3200Ma)。由此看来,化学化石在地层中的分布比有形化石的分布范围广泛得多,而且研究材料也比有形的化石更容易找到,因为沉积岩中的有机物质成分是无处不在的。这就使得化学化石的研究具有强大的生命力和广阔的天地。

此外,对狭义的化学化石,即化石中残留有机组分的研究,将更加丰富和充实传统化石研究的内容。从古生物学研究的角度出发,传统的化石和狭义的化学化石都是古生物学的研究对象。前者的研究主要着重其形态特征方面,后者的研究主要着重物质成分方面。两者结合起来,从不同角度研究化石,既能充分发挥化石的作用,又能更全面地得出结论。迄今为止,通过古生物学研究建立起来的生物演化系统,主要是由化石形态学研究提供证据。可以设想,如果再从另一个侧面(即化石物质成分)研究化石,将更加充实由形态学建立起来的生物演化系统的内容。而且也更加充实传统的化石概念。我们认为化石的完整概念应该是研究地质时期生物的形态特征和残余物质成分的学科。

化学化石的研究历史虽然不长,但是它是具有发展前途的。

参 考 文 献

- [1] 地质辞典办公室编辑, 1979, 地质辞典(第3册), 第9页, 地质出版社。
- [2] 武汉地质学院古生物教研室编, 1980, 古生物学教程, 第7—8页, 地质出版社。
- [3] 南京大学地质系地史古生物教研室编, 1980, 古生物学(上), 第11—12页, 地质出版社。
- [4] 谭礼国译(秋山雅彦著), 1978, 从有机地球化学探讨化学化石, 地质地球化学, 第12期, 第52—54页。
- [5] Eglinton, E. and Calvin, M., 1967, Chem-

ical fossils. Sci. Am. Vol. 216, pp. 32—43.

〔6〕 Abelson, P. H., 1955, *Paleobiochemistry*.
Carnegie Inst. Wash. Yearbook, 54, pp. 107—109.

〔7〕 庚镇城译(原田馨著), 1978, 生命起源的化学基础, 第1—221页, 上海科学技术出版社。

〔8〕 王将克、洪华华、钟月明、陈楚辉, 1986, 氨基酸地质年代学, 第1—163页, 海洋出版社。

〔9〕 Abelson, P. H., 1954, Amino acids in fossils. *Science*, 119.

作者简介

王将克 1935年7月出生, 1959年毕业于中山大学生物系动物学专业, 现从事普通古生物学、古脊椎动物学和氨基酸生物地球化学的教学和研究工作, 曾发表过有关的数篇论文。现任中山大学地质系副教授。