

疑源类的早期辐射及其意义

尹凤娟, 薛祥煦

(西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069)

摘要:通过对元古宙至寒武纪早期疑源类的分析研究表明:新元古代早期和晚期疑源类的辐射分别与全球范围内超级大陆(rodinia)形成及海洋中铷同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值显著上升,陆源物质增加, $\delta^{13}\text{C}$ 值由负值转为正值的时期相吻合;早寒武世疑源类的辐射与超级大陆(pannotia)的形成、裂解对全球环境的影响有关。认为疑源类在早寒武世的适应辐射,改变了全球生物的营养结构,“中型浮游动物”对小个体棘刺疑源类的有效利用,可能是引发“寒武爆发”的原因之一。

关键词:疑源类;适应辐射;全球环境变化;寒武爆发;元古宙至寒武世早期

中图分类号:Q913.85 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2001)05-0409-03

在太古宙,生命完成了从非细胞形态到细胞形态的突破,而生命的一些重大演化都是在元古宙完成的,因此元古宙不仅是生物界发生重要变化的革命时期,同时也是构造、气候、生物地球化学发生重要变革的时期。特别是近几年来,古生物和大量的地质证据表明,在元古宙晚期至显生宙初期(1 000~540 Ma)的这段时间里,发生了一系列重要的生物进化事件和全球环境的变化。如:统治地球早期生物圈的单细胞微观生命为宏观体积的多细胞生物代替;有组织分化的叶状体植物的出现;后生动物的适应辐射等以及与之相伴随的全球环境的变化。在这样变化的地质时期,作为自然界初级生产者——疑源类的演化、发展,与海洋物理、生物化学性质直接相关,并会影响相关生态系统的发展过程。因此,疑源类的兴衰与全球环境的变化密切相关,特别对疑源类的消费者——动物的适应辐射起着重要的作用。

1 元古宙至寒武纪早期疑源类概况

疑源类在早元古代(2 500~1 600 Ma)记录很少。该时期以其简单球形,不具纹饰的类型为主。在早元古代晚期,疑源类的类型有增加的趋势,我国华北地区常州沟组、串岭沟组简单球形疑源类的保

存^[1~3]及大红峪组出现的与现生真核绿枝藻类可比较的单细胞类型,均为这一时期微体浮游植物的化石记录。中元古代,疑源类仍以球形占优势,并出现了壳体结构复杂的类型。特别是个体大的球形类和棘刺类的出现及多样性的增加,表明疑源类演化已达到一定的阶段。我国山西永济、河南滎池等地白草坪组和北大尖组的疑源类组合,都是这一时期的化石代表^[4~6]。至新元古代早、中期,疑源类仍以球形为主,但壳体纹饰、形态、分异更加明显。据 Schopf 统计,全球真核浮游生物的多样性在约 950~700 Ma 达到前所未有的高峰^[7],而且疑源类在新元古代中期(约 850~700 Ma)也有蓬勃发展,表现在疑源类除壳体形态分异明显外,并出现许多棘刺或突起等类型(其中包括个体大的类型)。伴随 Varanger 冰期的来临,新元古代晚期疑源类多样化明显降低,其组合仅由简单球形单细胞组成^[8,9]。冰期后全球范围内大个体棘刺疑源类的消失曾令人们困惑不解^[10],但近年来我国学者在陡山沱组燧石结核中发现有 21 个属棘刺疑源类(直径多在 100 μm 以上)的化石记录^[11,12]。在澳大利亚中部 Amadeus 盆地 Paratataka 组^[13]和哈萨克斯坦南部 Chichkan 也发现有与陡山沱组相似的疑源类组合。研究表明,近元古宙末期,在伊迪卡拉动物群辐射以前,疑源类的演化和发展已达到了元古宙以来的鼎盛阶段,至元古宙

收稿日期:2001-01-09

基金项目:高等学校骨干教师计划资助项目

作者简介:尹凤娟(1956-),女,河北晋县人,西北大学副教授,从事古生物学研究。

末期疑源类发生了一定规模的灭绝。据 Shopf 统计, 该时期微化石分异度下降了 53%。进入寒武纪, 一些新的、以小个体棘刺类为主体的疑源类开始繁盛起来, 我国该阶段主要有 *Micrhytridium lanceolatum*, *M. setulerum*, *M. ampliatum*, *M. longispiniferum*, *M. minimum*, *M. ningqiangense*, *M. regulare*, *Paracymatiosphaera regularis*, *P. irregularis*, *P. annularis*, *P. hunanensis* 和 *P. spinosa*, 标志着寒武纪早期疑源类的辐射性发展^[10]。随着 *Skiagia*, *Comasphaeridium*, *Baltisphaeridium*, *Gonisphaeridium*, *Fimbriaglomerella*, *Allumella*, *Pterosperma*, *Cymatiosphaera*, *Granomarginata* 等的广布, 表明早寒武世疑源类的演化、发展进入一个新阶段。

2 疑源类适应辐射的意义

综合前人资料及本文的研究, 笔者认为元古宙至寒武纪早期, 疑源类的适应辐射主要集中在 3 个时期, 即新元古代早期 950~900 Ma、新元古代晚期 600~550 Ma 和早寒武世早期。

新元古代早期, 疑源类的辐射与全球环境变化密切相关, 表现在中元古代末期的 Grenvillian 构造运动导致了全球范围内超级大陆 (Rodinia) 的形成^[14]。此时, 大陆增生, 海平面下降, 风化作用加强, 大陆剥蚀供给海洋的营养物质增多, 以及超级大陆裂解所伴随的大范围海侵, 使真核浮游生物得以辐射性发展, 标志着地球生物圈的一次重要变化。

新元古代晚期, 疑源类的辐射发生在 Varanger 冰期以后, 伊迪卡拉动物群辐射之前。该时期海洋中锶同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值显著上升, 可达 0.785 的高值^[15], 这与海底热水注入减少、陆源物质注入增加有关。另外, 该时期 $\delta^{13}\text{C}$ 由负值转为正值表明, 海洋中有机碳埋藏率增高或冰川融化, 淡水的大量涌入使海洋环境得到充分改善。尽管冰期使疑源类中的一些类型灭绝, 多样性减少^[16], 但冰期后疑源类得到了迅速的复苏和辐射性发展, 同时底栖藻类的出现和繁荣均标志着光合作用释放的自由氧大幅度增

多。据 Cloud 估计, 新元古代晚期后生动物出现时, 大气含氧量已达现代的 7%^[17], 而提高氧含量的诸多因素中, 除水蒸气分子在大气层外侧受紫外线的辐射作用产生氧气外, 强有力的释氧生物——疑源类和底栖藻类的大发展才是氧含量提高的主要因素。因此, 新元古代晚期疑源类和底栖藻类繁荣所造成的氧含量的增长, 与伊迪卡拉动物群辐射密切相关。

显生宙疑源类的第一次辐射, 发生在寒武纪早期。前寒武纪至寒武纪过渡时期全球范围内超级大陆 Pannotia 的存在, 对全球气候和海洋影响巨大。在陆地抬升的同时, 剥蚀作用加强, 锶同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值上升, 海水还原物质大减, 营养物质增多, 超级大陆 Pannotia 裂解所伴随的显生宙第一次大规模海侵, 使疑源类得以适应辐射, 含氧量继续增加, 可达现在的 10%^[18]。特别需要指出的是, 疑源类作为该时期的初级生产者, 它的全盛发展不仅提高了释氧量, 而且可为动物提供新的食物来源, 从而加速后生动物的发展和演化。早寒武世小个体棘刺类疑源类的辐射, 是与后生带壳动物的适应辐射同步发生的, 表明两者在生态系统中的内在联系。特别是早寒武世滤食性“中型浮游动物”(mesozooplankton) 的发现^[18], 为这种联系提供了证据。海洋中原始生产者单细胞浮游植物, 然而, 宏体动物并不能直接在浮游植物网上摄食, 于是植食性“中型浮游动物”则是基础生产者与宏体动物消费者间的关键环节。即在食物链中, 具复杂滤食器的中等浮游动物捕食小个体的具刺浮游疑源类, 而更高等的宏体动物捕食中型浮游动物。由此看来, 植食性中型浮游动物在生态系统中已建立起食物链金字塔的第二级台阶。在寒武纪海洋生态系统中, 中型浮游动物连接着单细胞疑源类与宏体动物, 连接着浮游生物与底栖生物。因此, 早寒武世疑源类(小个体棘刺类)的适应辐射, 可能改变全球生物的营养结构, 中等浮游动物对小个体棘刺疑源类的有效利用, 可能是引发“寒武爆发”的原因之一。

参考文献:

- [1] 邢裕盛, 段承华, 梁玉左, 等. 中国晚前寒武纪古生物[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 9-67.
- [2] 阎玉忠, 藁县申岭沟组微古植物群组合初介[J]. 天津地质矿产研究所所刊, 1985, (12): 137-168.
- [3] 朱士兴, 邢裕盛. 华北地台中、上元古界生物地层序列[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 1-83.
- [4] 阎玉忠, 朱士兴. 山西永济白草坪组具刺疑源类的发现及其地质意义[J]. 微体古生物学报, 1992, 9: 267-282.
- [5] 关保德, 耿午辰, 戎治权, 等. 河南东秦岭北坡中-上元古界[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1988. 1-210.

- [6] YIN L. Precambrian-Cambrian transitional acritarch biostratigraphy of the Yangtze Platform[J]. Bulletin of National Museum of Natural Science, 1997, 10: 217-231.
- [7] SCHOPF J W, KLEIN C. The Proterozoic Biosphere (A Multidisciplinary Study)[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [8] MANSUY C, VIDAL G. Late Proterozoic brioerian microfossils from France[J]. Nature, 1983, 302: 606-607.
- [9] VIDAL G, NYSTUEN J P. Lower Cambrian acritarchs and the Proterozoic-Cambrian boundary in southern Norway [J]. Norsk Geologisk Tidsskrift, 1990, 70: 191-222.
- [10] VIDAL G, MOCZYDLOWSKA M. Patterns of phytonplankton radiation across the Precambrian-Cambrian boundary [J]. Journal of the Geological Society, London, 1992, 149: 647-654.
- [11] 尹崇玉. 峡东震旦系陡山沱组燧石中的带刺微化石及其地质意义[J]. 微体古生物学报, 1990, 7(3): 265-270.
- [12] ZHANG Y, YIN L, XIAO S, *et al.* Permineralized fossils from the terminal Proterozoic Doushantuo formation, south China[J]. Journal of Paleontology, 1998, 72: 1-52.
- [13] ZANG W, WALTER M R. Late Proterozoic and Cambrian Microfossils and Biostratigraphy, Amadeus Basin, Central Australia[M]. Brisbane: Published by the Association of Australasian Palaeontologists, 1992.
- [14] DALZIEL I W D. Overview: Neoproterozoic-Paleozoic geology and tectonics[J]. Geological Society of America Bulletin, 1997, 109: 15-42.
- [15] KNOLL A H. Neoproterozoic evolution and environmental change[A]. BENGTON, Early Life on Earth, Nobel Symposium No. 84[C]. New York: Columbia University Press, 1994.
- [16] VIDAL G, KNOLL A H. Proterozoic plankton[J]. Geological Society of America Memoir, 1983, 161: 265-277.
- [17] 克劳德 P. 天地人[M]. 黄开年, 李鄂荣, 黎勇奇, 等译. 北京: 地质出版社, 1986. 62-74.
- [18] BUTTERFIELD N J. Burgess shale-type fossils from a lower Cambrian shallow shelf sequence in northeastern Canada [J]. Nature, 1994, 369: 477-479.

(编辑 张银玲)

Early radiation of acritarch and its significance

YIN Feng-juan, XUE Xiang-xi

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: Analysis and study of the evolution of acritarch from Proterozoic to Cambrian shows the radiation of acritarch during the Early-Neoproterozoic and Late-Neoproterozoic periods went with the formation of Rodinia supercontinent, the apparent rise of the value of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and the change in value $\delta^{13}\text{C}$ from negative to positive. The radiation of acritarch in the Early Cambrian is related to the effects of the formation and Breaking-up of Pannotia supercontinent on the global climate and the oceanic chemistry. The radiation of acritarch changed the nutrient structure in the ocean and the Mesozooplankton's utilization rate of the nutrition, which may be one of the triggering causes for the "Cambrian explosion".

Key words: acritarchs; radiation; global environmental changes; Cambrian explosion; Proterozoic to Early Cambrian.