

中国奥陶纪几丁虫的多样性事件*

汪啸风** 陈孝红

(中国地质调查局地层古生物研究中心, 宜昌 443003)

摘要 对我国奥陶纪几丁虫生物地层及其与笔石和牙形石生物带的对比研究, 以及层序和事件地层的综合分析表明, 在我国奥陶系中可以识别出 17 个几丁虫带和曾经依次发生的 5 次主要的几丁虫多样性事件, 即: 1) 最早几丁虫的出现, 2) *C. symmetrica* 的出现, 3) 几丁虫的初始辐射, 4) 高分异度几丁虫的出现, 以及 5) 深水相几丁虫的发育. 进而讨论了每次事件所发生的时间、特征及其与海平面变化以及相关地质事件的关系.

关键词 几丁虫 奥陶纪 多样性事件

自从艾森纳克首次介绍几丁虫(chitinozoa)这个术语并描述第一个种以来, 几丁虫作为有机壳化石中的一个类群, 广泛发现于奥陶纪(Late Tremadocian)至最晚泥盆纪(latest Famenian)的海相沉积物中. 截至目前为止, 通过对文献中已描述的 143 个属或亚属代表性种的扫描电子显微镜研究和厘定后, 只有 58 个属和亚属被继续保存下来^[1]. 一般认为几丁虫乃是一类分类不明的海洋软驱体后生动物的卵, 而这个卵将影响这个类群生物种的变异, 因此可以直接作为种的划分的指示^[2]. 由于几丁虫延续的时间短、分布广、属种数量相对较少, 因而在奥陶系至泥盆系地层划分与对比中被广泛应用, 在解决壳相和笔石相以及深水相浅变质岩地层的时代及对比方面显示出越来越重要的作用.

截至目前为止, 我国奥陶纪几丁虫主要见于华南地块的地台区及其陆架-斜坡相区^[3]以及塔里木地块陆架边缘(图 1). 生物、层序和事件地层的综合研究表明, 在我国奥陶系中可以识别出 17 个几丁虫带和 5 次主要的几丁虫多样性事件. 它们与相关笔石带和牙形石带的关系如表 1 所示.

1 最早奥陶纪几丁虫的出现

伴随奥陶系南津关组底部开始的海侵^[7], 最早的奥陶纪几丁虫出现在南津关组下部, 以发现于湖北长阳南津关组下部的 *Lagenochitina destombesi* 和 *Conochitina* sp 为标志^[8]. 由于与 *G. quadruplicatus* 带的牙形石 *Acanthodus costatus* 和 *Paltodus variabilis* 共生, 而后者介于 *C. angulatus* 带和 *P. deltifer* 带之间, 说明当前的 *L. destombesi* 带可能代表至今所发现的最低层位的奥陶纪几丁虫. 在重新厘定的分乡组下部^[7]产几丁虫: *Conochitina* cf. *decipiens*, *C.* cf. *pervugata*, *C. poumoti*, *Cyathochitina*? cf. *clesydra*, 相伴出现的还有高纬冷水型(北大西洋区)*P.*

2002-10-26 收稿

* 中国地质调查局综合基础研究项目(批准号: 200113900072)和 IGCP410 项目资助

** E-mail: wxfeng@public.yc.hb.cn

deltifer 带的牙型石和低纬暖水型(北美中大陆区)的介壳化石 *Tritoechia*, *Nanorthis* 等. 因此, 这个几丁虫组合在时代上可能与北冈瓦那区所发现的 *A. connifundus* 带相当或略早一点.

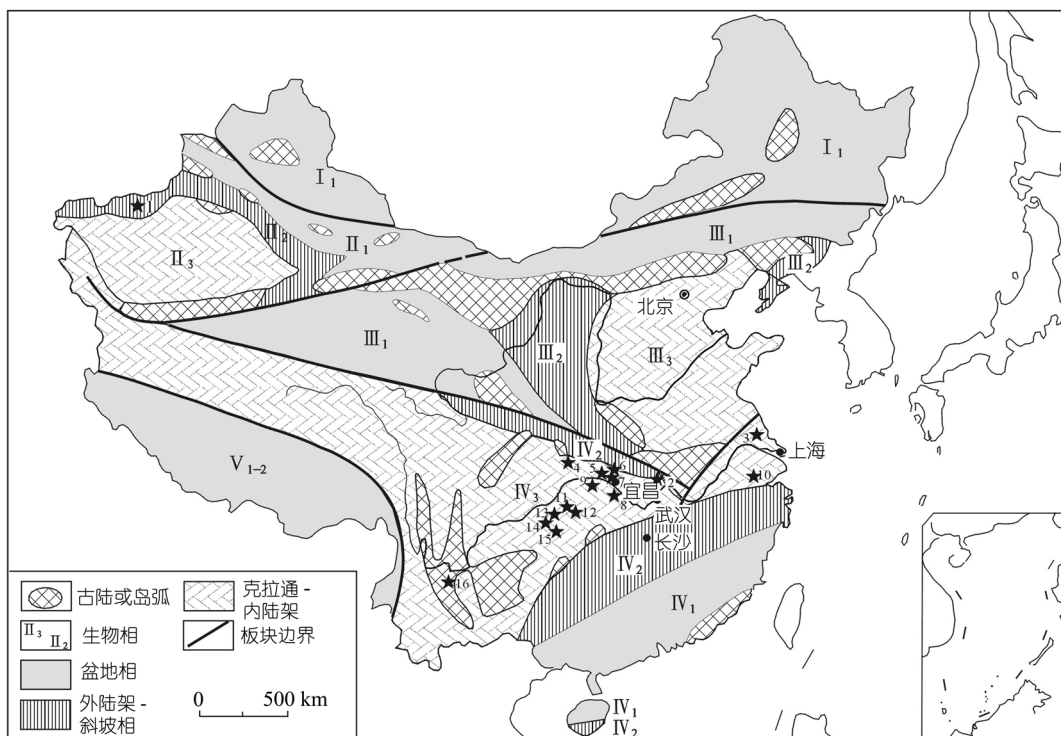


图1 中国奥陶系构造古地理分区及目前已发现奥陶纪几丁虫剖面的地理位置

I. 准噶尔-兴安活动陆缘区(西伯利亚-哈萨克斯坦板块); II. 塔里木板块; III. 华北板块; IV. 华南板块; V. 西藏-滇西陆棚-陆缘区(掸泰板块); VI. 海南-印支板块(据文献[3]). 1. 新疆柯坪大湾沟; 2. 河南信阳双河; 3. 江苏东台廉贻; 4. 重庆城口大塘口; 5. 湖北兴山建阳坪; 6. 湖北宜昌陈家河; 7. 湖北宜昌黄花场; 8. 湖北长阳花桥; 9. 湖北五峰萧洞湾; 10. 浙江长山黄泥塘; 11. 重庆酉阳丁市; 12. 重庆秀山大田坝; 13. 贵州雾川龙井井; 14. 贵州桐梓红花园; 15. 贵州遵义松林海龙; 16. 云南昆明红石崖

2 *C. symmetrica* 的出现

世界上广为分布的 *C. symmetrica* 带几丁虫的出现, 乃是一个显示几丁虫初始辐射开始的信号. 这个种分别在湖北宜昌和长阳分乡组顶部和红花园组中下部以及贵州桐梓相当层位中发现. 共生的几丁虫主要有: *Lagenochitina* cf. *obeligis*, *L. obliges*, *Jenkinochitina vulgaris*, *Eisenachitina tongziensis*^[8~12]. 这个带的几丁虫在分乡组顶部与 *Kiaerograptus* 带的笔石共生, 在红花园组则与 *Serratognathus*/*P. proteus* 带共生, 说明 *C. symmetrica* 带的时代应与特马道克期最晚期至“阿伦尼克期”(第2个阶)最初期对比(表1). 上覆产于红花园组最上部和大湾组最下部的 *E. baculata* 带, 由于与 *O. comminis* 带牙形石共生, 时代上可与笔石 *E. approximatus* 带大部分至 *P. fruticosus* 带对比, 但该种本身可上延至上覆 *D. deflexus* 带中.

表 1 几丁虫生物带的划分及对比^{a)}

统	阶	化石带			岩石地层							
		笔石	牙形石	几丁虫	鄂西	重庆	黔北	塔里木				
上统	钱塘江阶	persculptus		ordovicicus	龙马溪组							
		extraordinarius			五峰组							
		pacificus	mirus							fusiformis		
			typicus							merga		
			sinensis									
		complexus		insculptus	?		临乡组	洞草沟组				
	complanatus											
	艾家山阶	quadrimucronatus		alobatus	robusta		宝塔组		印干组			
		pygmaeus										
		spiniferus			tanvillensis		宝塔组					
		clingani										
		wilsoni		hirsuta		宝塔组						
		gracilis						anserinus		萨尔干组		
				deunffi								
			uter									
		shizipuensis										
中统	达瑞威尔阶	Muchisoni/elegans		serra	牯牛潭组		“十字铺组”		十字铺组			
		fasciculatus								suecicus		
		ellesae		variabilis							牯牛潭组	
		austrodentatus								parva		calix protocalix
	大湾阶	clavus		originalia. navis triangularis	langei		大湾组		湄潭组			
		divergens										
		suecicus								brevis		
	道保湾阶	deflexus		evae	raymondii					大湾组		湄潭组
		fruticosus										
		approximatus										
		communis		red garden group								
Clonograptus		Serr.-proteus				symmetrica						
Kiaerogr.-Adelogr.		deltifer										
Psigraptus		quadriplacatus		destombesi								
anglicas		angulatus										
matanensis												
parabola												
taojiangensis								南津关组		桐子组		

a) 阶的划分据文献[4], 笔石带划分据文献[5, 6]

3 几丁虫的初始辐射

Conochitina 丰度和多样性的上升以及几丁虫组合的变化是此次事件的主要特征(表 2). 至

表2 所选中国奥陶纪几丁虫的地层分布

地层单位 年代	几丁虫带	主要几丁虫地层分布	多样性事件
6	<i>T. fusiformis</i>		事件5 深水相几丁虫的发育
	<i>A. merga</i>		
	?		
5	<i>B. robusta</i>		事件4 高异几丁虫的发育
	<i>J. tanvillensis</i>		
	<i>B. hirsuta</i>		
	<i>L. deuffi</i>		
	<i>E. uter</i>		
达瑞威尔阶	<i>L. shizipuensis</i>		事件3 几丁虫的初始辐射
	<i>Cy. jenkinsi</i>		
	<i>Cy. calix</i>		
3	<i>Cy. protocolix</i>		事件2 <i>C. symmetrica</i> 的出现
	<i>C. langei</i>		
	<i>E. brevis</i>		
2	<i>C. raymondii</i>		事件1 最早奥陶纪几丁虫的出现
	<i>E. baculata</i>		
特马豆克阶	<i>C. symmetrica</i>		
	<i>L. destombesi</i>		

1. *Conochitina*? sp.; 2. *L. destombesi*; 3. *C. cf. pervugata*; 4. *C. decipiens*; 5. *Cy.?* *Clesydra*; 6. *C. poumoti*; 7. *C. symmetrica*; 8. *L. obeligit*; 9. *E. tongziensis*; 10. *E. baculata*; 11. *J. vulgaris*; 12. *Belonechitina*? sp.; 13. *C. raymondii*; 14. *C. primitiva*; 15. *Rhabdochitina* sp.; 16. *D. papilla*; 17. *B. micracantha*; 18. *E. brevis*; 19. *C. longei*; 20. *C. pirum*; 21. *C. halicekina*; 22. *S. oblonga*; 23. *Cy. protocolix*; 24. *Cy. calix*; 25. *Cy. dispar*; 26. *Angochitina* sp.; 27. *R. usitata*; 28. *R. turgida*; 29. *R. gracilis*; 30. *B. henryi*; 31. *L. baltica*; 32. *C. cucumis*; 33. *C. pseudocarinata*; 34. *C. lepidia*; 35. *C. chydea*; 36. *Cy. campanulaeformis*; 37. *Cy. jenkinsi*; 38. *L. shizipuensis*; 39. *E. uter*; 40. *C. homoclaviformis*; 41. *D. minor* f.A.; 42. *S. cf. retiffi*; 43. *L. deuffi*; 44. *Cy. dinshiensis*; 45. *B. hirsute*; 46. *B. robusta*; 47. *R. gallica*; 48. *J. tanvillensis*; 49. *T. bergstroemi*; 50. *An. merga*; 51. *C. elegans*; 52. *T. fursiformis*

少有 12 种, 如 *C. raymondii*, *L. esthonica*, *C. brevis*, *E. baculata* 等同时或依次出现在鄂西大湾组下部或黔北湄潭组下部的 *D. protobifidus*/*D. deflexus* 带或 *O. evae* 带中(表 2)。上覆 *E. brevis* 带以带化石的首现为特征, 相伴的有 *A. suecicus* 带的笔石, 共生的几丁虫与下伏 *C. raymondii* 带相似。其上的 *C. longei* 带主要见于扬子克拉通的边缘陆坡相区, 该种首见于浙江黄泥潭剖面宁国组 *A. suecicus* 带中上部, 并可上沿至 *U. austrodentatus* 带^[12]。以上不同古生物地理区几丁虫的混合可能主要与道保湾期至大湾期早期(“阿伦尼克期”早期)海侵的扩大以及伴随冈瓦那大陆向北漂移、华南地块发生从中纬度向低纬度逆时针转动所引起的暖水流的影响有关^[13]。

4 高分异度几丁虫的出现

这次事件发生在大湾期(奥陶系第 3 个阶或重新厘定的“阿伦尼克期”)晚期至达瑞威尔期早期。计有 17 种几丁虫在鄂西大湾组上部及与其相当的黔北湄潭组上部 *Cy. protocalix* 带和 *Cy. calix* 带发现^[8,12,14,15], 标志着 *Cyathochitina* 和 *Rhabdochitina* 演化进入了一个新阶段。*Cy. protocalix* 带位于大湾组上段下部, 以该种的首现为划分标志, 与 *E. sinodentatus* 带 (= *E. clavus* 带) 的笔石共生。相伴生的几丁虫 *C. pirum*, *S. oblonga* 等以及 *C. halicekina* 在浙西黄泥潭剖面 *E. clavus* 带至 *U. austrodentatus* 带下部也有发现^[12]。*Cy. calix* 带主要见于大湾组或湄潭组上段中上部 *E. sinodentatus* 带至 *U. austrodentatus* 带下部。所伴生的大多数几丁虫, 如 *R. usitata*, *R. tugida* 等, 除了从下伏 *Cy. protocalix* 带延续上来的 5 个种以外(表 2), 均与该带化石一起上延至上覆 *Cy. jenkinsi* 带。*Cy. jenkinsi* 带最初报道于重庆秀山大湾组最上部至牯牛潭组和酉阳的“十字铺组”中下部^[8], 后在鄂西宜昌地区大湾组最上部也有发现^[12]。这个带的底界以典型种的首现为划分标志, 与 *U. austrodentatus* 带上部的笔石共生; 其顶部位于 *L. shizipuensis* 带之下。后者见于酉阳“十字铺组”中上部, 与笔石 *G. linarssoni* 和 *H. teretiusculus* 共生, 因此, 本文 *Cy. jenkinsi* 带的底界看来较北美或北冈瓦纳几丁虫古生物地理区所报道的同名带的底界稍低一点^[16,17]。在扬子克拉通上, 大湾组上段主要由一套黄绿色页岩夹薄层泥质生石灰岩组成, 以富产 *Eromotoechia-Leptorthis* 组合带腕足类、*Hanchugolithus* 带三叶虫、*Cy. protocalix* 带至 *Cy. calix* 带几丁虫和少许 *E. sinodentatus* 带至 *U. austrodentatus* 带笔石和 *M. parva* 带牙形石为特点, 被认为是大湾组中段紫红色泥灰岩沉积后又一次海侵域的沉积^[7], 其时代与大湾期末至达瑞威尔期初相当; 上覆牯牛潭组系由高位海退所形成的瘤状泥质灰岩组成, 以产 *P. variabilis* 带至 *P. anserinus* 带下部的牙形石为特点, 共生有 *Cy. jenkinsi* 带几丁虫。与牙形石的变化相反, 几丁虫的丰度和分异度相对下降, 显示出海平面下降对几丁虫丰度和分异度的影响。

5 深水相几丁虫的发育

伴随华南和塔里木地块奥陶纪最大海侵, 在艾家山期初(即晚奥陶世初期或重新厘定的“卡拉道克期”初期)所发生的这次事件以“几丁虫动物”进入深水盆地特点。在鄂西宜昌和黔北酉阳庙坡组 *N. gracilis* 带黑色页岩中分别发现的 *E. uter* 带和 *L. deunffi* 带的几丁虫均属此次海侵扩大所形成的凝缩段的沉积^[7]。类似的几丁虫组合在塔里木地块萨尔干组上部黑色页岩中也有发现^[18,19]。继之而来的艾家山期(即重新厘定的“卡拉道克期”)中晚期海退, 在塔里木地块上覆坎岭组和其浪组所产的几丁虫与 *C. americanus* 带至 *O. quadrimucronatus* 带的笔石共生^[20], 所产的几丁虫以丰度高、分异度低为特点。自下而上可以识别出 3 个几丁虫带: 即 *B. hirsuta* 带, *J. tanvillensis* 带和 *B. robusta* 带(表 1)。在扬子克拉通上, 与其层位大体相当的宝塔

组(广义)系由一套中厚层含大量头足类及三叶虫灰岩组成。可能由于沉积相的变化,也可能由于这种分类不明的软驱体后生动物的卵为头足类所食,或者由于工作不够的原因,在此层位中尚无几丁虫发现。至奥陶纪晚期(钱塘江期或“阿什极尔期”),冈瓦纳大陆冰川作用所引起的海平面下降,导致扬子克拉通转化为半封闭的海盆。随着沉积物中有机质的过盛贮存以及海水中盐度的变化所诱发的氧气供应不足,扬子海盆几丁虫的丰度和分异度下降,至今仅有少许 *A. merga* 带和 *T. forsiformis* 带的几丁虫分别在重庆秀山、贵州怀仁和江苏东台五峰组中下部发现^[21,22]。共生笔石的研究表明,这两个几丁虫带可分别与五峰组 *D. complexus* 带和 *P. pacificus* 带上部的 *D. mirus* 亚带对比。在塔里木地块,相当于五峰组的沉积缺失或发育不全,以至至今尚无“阿什极尔期”的几丁虫发现。

致谢 研究过程中得到 B. Webby 和 P. Paris 博士的帮助,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 Paris F, G. Nestor V Y, Lakova I A. Revised chitinozoan classification. *Journal of Palaeontology*, 1999, 73(4): 549 ~ 570
- 2 Paris F, Nolvak J. Biological interpretation and paleobiodiversity of a cryptic fossil group: the “chitinozoan animal”. *Geobios*, 1999, 32(2): 315 ~ 324
- 3 Wang X F, Chen X H. Ordovician Palaeogeography and Stratigraphic Regionalization in China. *Acta Geoscientia*, 1996(Special Issue): 183 ~ 188
- 4 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书. 北京: 地质出版社, 2001. 1 ~ 59
- 5 Chen X, Rong J Y, Wang X F, et al. Correlation of the Ordovician rocks of China. *International Union of Geological Sciences*, 1995, 31: 1 ~ 104
- 6 Wang X F, Wang C S. Tremadocian (Ordovician) graptolite diversification events in China. *Alcheringa*, 2001, 25: 155 ~ 168
- 7 Wang X F, Li Z M, Chen J Q, et al. Early Ordovician sea-level changes in South China and their worldwide correlation. *Journal of China University of Geoscience*, 1995, 7(1): 54 ~ 62
- 8 汪啸风, 陈孝红. 上扬子区早奥陶世几丁虫生物地层与古生物地理. *古生物学报*, 1994, 33(6): 720 ~ 783
- 9 Hou J P, Wang X F. Chitinozoa biostratigraphy in China. *Bulletin of la Societe geologique et mineralogique de Bretagne*, Ser C, 1982, 14: 79 ~ 82
- 10 Grahm Y, Geng L Y. Early Ordovician chitinozoa from Honghuayuan at Tongzi, northern Guizhou. *Acta Micropaleontology Sinica*, 1990, 7: 219 ~ 229
- 11 汪啸风, 陈孝红. 峡东早奥陶世早期的几丁虫. *微体古生物学报*, 1992, 9(3): 283 ~ 290
- 12 陈孝红, 汪啸风, 李志宏. 华南阿伦尼格世几丁虫生物地层与古生物地理. *地质论评*, 1996, 42(3): 200 ~ 208
- 13 汪啸风, 陈孝红. 中国奥陶系古生物地理与古气候. *地层古生物论文集*. 北京: 地质出版社, 1999. 27: 1 ~ 27
- 14 陈孝红. 湖北长阳花桥早奥陶世几丁虫. *现代地质*, 1994, 8(3): 259 ~ 263
- 15 甌勇毅. 黔北红花园下奥陶统湄潭组的几丁虫化石及其地层意义. *地质科学*, 1995, 4: 375 ~ 379
- 16 Achab A. Ordovician chitinozoan zonation of Quebec and Western Newfoundland. *Journal of Palaeontology*, 1988, 63(1): 14 ~ 24
- 17 Paris F. Palaeobiodiversification of the Ordovician chitinozoans from northern Gondwana. *Acta Universitatis Carolinae—Geologica*, 1999, 43(1/2): 283 ~ 285
- 18 蔡元尧. 几丁虫. 见: 张师本等编. 新疆塔里木震旦系-二叠系地层和古生物(2), 柯坪-巴楚地区. 北京: 石油工业出版社, 1991. 150 ~ 157
- 19 曾学鲁, 徐玉麟, 魏真鑫, 等. 新疆塔里木盆地北部层序地层及其古生物学研究. 北京: 地质出版社, 1996. 1 ~ 85
- 20 Wang Xiaofeng, Zhang Shibin, Erdtmann B D. Ordovician graptolite sequence and palaeogeography of Kalpin, Xinjiang, China. In: Chen Xu, Erdtmann B -D, Ni Yu-nan, eds. *Graptolite Research Today*. Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House, 1994. 164 ~ 175
- 21 钱泽书, 耿良玉. 扬子地区五峰组(阿什极尔)的几丁虫. *微体古生物学报*, 1989, 6(1): 45 ~ 64
- 22 Geng Liang-yu, Hu Zhao-xun, Geng Lian-zan. Upper Ashigillian Chitinozoa from Renhuai, northern Guizhou. *Ordovician-Silurian Boundary*(1). Hefei: Anhui Science & Technology Publishing House, 1984. 259 ~ 267