

中国元古代古生代 的颗石藻

侯奎 陈镇东 著
陈延成 田兴有

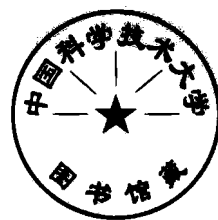
346



海洋出版社

中国元古代古生代的颗石藻

侯 奎 陈镇东 陈延成 田兴有 著



海洋出版社

1999年·北京

内 容 简 介

国际上将藻类分为 16 个门类,我国 1964 年在青岛召开的全国藻类专业工作会议上将藻类分成 14 个门类。颗石藻隶属金藻门 (Chrysophyta) 颗石藻纲 (Coccolithophyceae), 是海洋生物的第一食物链, 是深海碳酸盐的主要来源, 是海相油气层重要的一种碳、烃物质来源。本书共分 3 篇 19 章, 其中有图版 76 面, 照片 343 幅。分别叙述了从中元古代至二叠纪各时代与颗石藻有关的地层, 先后描述和定名了 186 个新种、未定种 (其中包括已发表的 36 个新种、未定种), 包括作者最近发现的中元古代宣龙铁矿的颗石藻化石。填补了元古代无颗石藻化石的空白; 充实了古生代颗石藻化石资料, 进一步证实古生代颗石藻化石的存在。尤其是志留纪碟星藻类化石的发现, 不仅打破了碟星藻分布的时代范围, 还为颗石藻分为内颗石藻和外颗石藻奠定了基础。现生藻类的研究表明, 颗石藻约占现生海洋藻类的 $1/3$, 每年至少可固定碳 300 亿 t, 换算成 CO_2 为 1 100 亿 t。对改善地球环境、消除 CO_2 排放所造成的“温室效应”, 有着重要的现实意义。

本书可供沉积学、古生物学、海洋地质及化学、石油、天然气等方面地质工作者参考, 也可供地质、石油、环境保护等专业高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国元古代古生代的颗石藻 / 侯奎等著, - 北京: 海洋出版社, 1999.6
ISBN 7-5027-4746-X

I. 中… II. 侯… III. ①金藻门, 颗石藻-中国-元古代
②金藻门, 颗石藻-中国-古生代 IV. Q914.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 17544 号

责任编辑: 王加林

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京媛明印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 插页: 38

字数: 500 千字 印数: 1~600 册

定价: 48.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

序^①

世界上将藻类分为 16 个门类，中国于 1964 年在青岛召开的全国藻类专业工作会议上将藻类分为 14 个门类。颗石藻隶属金藻门（Chrysophyta）颗石藻纲（Coccolithophyceae，是一种微米级的海相超微浮游生物。作为岩石中的藻类化石由于它粒度细微，在成岩作用下易被破坏或发生重结晶，很难保存其藻类晶粒形态，故世界上作为化石颗石藻仅见于中生代；它出现于侏罗纪里阿斯世（Lias），繁盛于晚白垩世至第三纪。世界上对古生代以前的化石颗石藻很少有报道，美国海洋研究所的哈克（Hag）博士曾于 1981 年报道过最老的颗石藻出现于石炭纪和二叠纪。

化石颗石藻不但有着重要的指相（海相）意义，而且也是海相油气层重要的一种碳、烃物质来源。海峡两岸的作者不谋而合，近 20 年来锲而不舍地潜心钻研自前古生代及古生代以来的各地质时代的各种化石颗石藻，备受艰辛，今日终结硕果。他们不但仔细地研究了化石颗石藻不同属种的大小、形态、物质组成、结晶及变形程度、鉴定特征、定名方法、分布及产出特点，而且还发现了大量的新属和新种，摄制了大量的精美的、清晰的化石颗石藻照片，实在可喜可贺。这部著作是世界上首次较全面地报道地质时代化石颗石藻的专著，值得拜读。尽管这部书在分类和定名方面还存在着一些问题，有些新属、新种尚值得商榷，但无疑这是一部较全面地描述地质历史时期中颗石藻的发展和演变的重要佳作，值得广大地质界和生物界同仁们重视。

许靖华
(Kenneth J. Hsü)

1997 年 9 月 6 日

①许靖华，国际著名地质学家，美国科学院院士，地中海科学院院士，中国科学院名誉教授。英国威廉斯顿（Wollaston）勋章、美国特万豪夫（Twenhofel）勋章、美国勃诺克（Bownocker）勋章、德国哥根亥姆（Guggenheim）勋章获得者。历任瑞士联邦理工大学（ETH）教授、地球科学部主席、地质研究所所长。

前言

颗石藻(Coccolithophorida)是鞭毛藻纲(Haptophyceae)的一种双鞭毛、单细胞、金褐色的超微浮游性藻类群集,其特征是在其细胞体表面会形成钙质的外壳,称之为颗石(coccoliths)。每一种颗石藻都有其独特的颗石外型,可据以分类。一般颗石的大小为直径 $2\sim 10\mu\text{m}$,而整个球形体(coccosphere)细胞大小为直径 $2\sim 25\mu\text{m}$ 。每一个球形体有 $10\sim 150$ 颗石,平均为20个(Honjo, 1976; Kennett, 1982)。

颗石藻之颗石最早于1836年由艾伦伯格(Ehrenberg)发现,他最初认为是无机性的粘结(concretion)。1858年赫胥黎(Huxley)发现它们存在于深海泥中,1861年索比(Sorby)才发现完整的球体颗石藻,证实颗石只是藻壳的一部分。

由于其体型小,过去即使用光学显微镜观察它也有困难,直到使用穿透式电子显微镜,以及更新的扫描式电子显微镜(SEM)之后,研究才得以加速发展。目前已知颗石藻是亚极区(subpolar)及温暖水域的浮游植物,繁盛于晚白垩世至第三纪,在白垩纪中分布很广,而且种类很多。大西洋沉积物中,大部分细微碳酸钙即由颗石组成,占沉积物总重量的 $5\%\sim 20\%$ (McIntyre and Be, 1967),近代封闭的海盆,如在地中海中,颗石亦为碳酸钙的主要成分(Kennett, 1982)。

颗石的组成是低镁方解石(low magnesium calcite),大部分为微细的菱形(rhombohedral)晶体,但有少部分为六方柱(hexagonal)晶体。由于其个体很小,因此只要少量沉积物样品,即可用以研究大族群。同时,由于颗石常被有机薄膜覆盖,因此不易溶蚀,保存良好,容易辨识(Chave, 1965)。再加以颗石藻的演化速度很快,如晚白垩世时达到高峰,古新世(Paleocene)时迅速减少,始新世(Eocene)时种类很多,渐新世(Oligocene)时又大量减少,直到中新世(Miocene)才又大量增加,但上新世(Pliocene)时再度逐渐减少,到了更新世(Pleistocene)时几乎绝迹(Fischer and Arthur, 1977)。如此快速的变化,使得颗石藻成为研究深海沉积物生物地层(biostratigraphy)的利器。

颗石藻约有150种,但大概只有16种数量较多,且得以保留其躯壳。过去认为颗石藻出现于侏罗纪(Jurassic)的里阿斯世(Lias)。但侯奎等人(1993, 1994)在上泥盆统(Upper Devonian)甚至下寒武统(Lower Cambrian)地层中亦有发现,是截至目前为止最老的颗石藻化石。这些最近的研究,将颗石藻生物地层学大幅度推回到古生代。本书还在前寒武纪发现了颗石藻化石,其地质年龄是 $1.75\text{Ga}\sim 1.8\text{Ga BP}$ 。

颗石藻是深海碳酸盐的主要成分,白垩纪的白垩大部分是由颗石藻构成的,第三纪的沉积物中颗石藻含量超过50%,第四纪淤泥中颗石藻含量大约占30%(Houghton, 1991)。侏罗纪以前的深海碳酸盐中,其颗石藻含量估计和第四纪淤泥中差不多,约30%。颗石藻是海相油气层重要的一种碳、烃物质来源。正是由于这个原因,白垩纪是石油储量最丰富的时代。颗石藻化石是古气候和古大洋地层的标志,颗石藻化石组合是海洋古深度的标志。颗石藻是边缘海与大洋沉积界限的标志。颗石藻化石是古温度的标志。

现生藻类的研究表明(刘志礼, 1990), 颗石藻约占海洋藻类的 1/3, 每年可固定碳为 60Gt, 减半计算也有 30Gt。换算成 CO_2 为 110Gt, 为 1996 年全球 CO_2 排放量的 4 倍多。因此, 研究颗石藻对清除 CO_2 、对付温室效应、变废为宝还具有重要的现实意义。

我们对元古代、古生代颗石藻化石的研究工作是从 1980 年开始的。当时只是为了泥盆系菱铁矿和多金属硫化物矿床研究工作的需要, 把有关资料积累起来。随后又对中国南方石炭系、二叠系的有关地层进行研究, 收集到了一部分颗石藻化石的资料。在对扬子地台古生代有关沉积矿床的研究过程中, 收集和积累了有关震旦系陡山沱组磷矿、下寒武统磷矿的资料。在塔里木盆地油气藏资料的研究过程中, 积累了寒武系、奥陶系的有关资料。在生物成矿有关专题的研究过程中, 获得了宣龙铁矿的一些资料。感谢赵东旭先生为我们提供了志留系的地层标本, 并且扫描电镜照相结果良好。因此, 除了志留系以外, 我们的这些资料都是在研究矿床的过程中得到的, 是先有资料而后研究, 而不是为了研究而专门寻找化石的。

本书所述 8 个时代的颗石藻化石, 分布在河北省赤城县龙关(宣龙铁矿)、贵州省福泉县(瓮福磷矿)、云南省晋宁县梅树村地区(昆阳磷矿)、新疆塔里木盆地塔东 1 井(寒武系)、新疆塔里木盆地英买 1 井(奥陶系)、贵州桐梓(志留系)、广东凡口、湖南城步和周家湾、广西大厂、南宁五相岭、下雷(泥盆系)、广西田林浪平和田林八渡(石炭系、二叠系)等 13 个地层剖面上。有一定的区域性和地层连续性。

对化石的研究方法主要是扫描电子显微镜和电镜能谱分析。这是因为: (1) 元古代和古生代的颗石藻化石不及白垩纪和第三纪丰富和保存的那样好。因而用显微镜对其研究就有其相当的局限, 加之构成颗石的晶元形态各异、分散存在, 正交偏光镜下见不到盾形石的那些干涉图像, 就更增加了研究、分析、鉴定的难度。(2) 研究鉴定过程中发现, 古生代的许多颗石藻化石, 其颗石和晶元是分布在壳内的, 而且大量的是颗粒状晶元, 多不适用于显微镜研究, 更看不到正交偏光镜下盾形石的那些干涉图像。扫描电镜一扫这些困难, 把大量的、清晰的、联在一块的、分散的和半联半分的图像及化石的成分提供给了我们。我们先后鉴定出 186 多个新种和未定种, 它们分别占据了 5 个目 37 个科的一部分科属, 其中有一部分是新属, 有 33 个新种和未定种已公开发表。全书共有 76 张图版, 约 343 张照片。

本书共分三大部分, 第一篇介绍颗石藻所在的地层层位和地理位置, 其中第一章为宣龙铁矿串岭沟组; 第二章, 瓮福磷矿的陡山沱组; 第三章, 云南晋宁梅树村地区的梅树村组和塔里木盆地塔东 1 井的寒武系; 第四章, 塔里木盆地英买 1 井的奥陶系; 第五章, 贵州桐梓的志留系, 第六章, 中国南方的泥盆系, 第七章, 广西田林八渡、浪平的石炭、二叠系。第二篇将由老至新分八章, 对不同时代的颗石藻进行鉴定、描述。第三篇讨论研究颗石藻化石过程中的几个问题。第一章, 鉴定元古代、古生代颗石藻化石的依据问题; 第二章, 元古代、古生代颗石藻化石的形态和晶体结构; 第三章, 元古代、古生代颗石藻化石的演化; 第四章, 研究颗石藻化石的意义; 第五章, 颗石藻、海洋和环境。

本书是海峡两岸科学家合作共同完成的。参加本书撰写的有中国科学院地质研究所的侯奎、田兴有, 台湾中山大学海洋地质及化学研究所的陈镇东, 化工部化学矿产地质研究院的陈延成。

在研究工作和成书的过程中，郝诒纯老师曾为我们审稿，并给予鼓励、指导和帮助；范嘉松教授曾给予指导和帮助；Thierstein 教授曾为我们审稿，并给予鼓励和帮助；刘志礼教授曾给予指导、鼓励和帮助；齐文同教授曾给予支持和帮助，顾家裕先生、张荫本先生、杨士昇女士曾给予支持和帮助；已故乐森珥教授曾为我们审稿，并给予鼓励；已故张颖龄女士曾提供日文翻译资料；承蒙许靖华先生审阅文稿并作序。在本书出版过程中，中国科学院地质研究所所长刘嘉麒、副所长王艺芬给予所长基金资助；张绍宗先生修改和审定英文摘要，邵兴亚先生承担了全部的有关出版事宜，文稿计算机排版由关静完成，有关图件的复照清绘由胥云完成。在此，一并致以衷心的感谢。

作者

目 录

第一篇 中国元古代、古生代颗石藻化石产出地的地质概况	(1)
第一章 宣龙铁矿颗石藻化石产出的地层层位和地质概况	(1)
第二章 瓮福磷矿颗石藻化石产出的地层层位和地质情况	(5)
第三章 昆阳磷矿和塔东 1 井颗石藻化石产出的地层层位和地质概况	(7)
第四章 奥陶纪颗石藻化石产出的地层层位及地质概况	(12)
第五章 志留纪颗石藻化石产出的地层层位和地质概况	(17)
第六章 泥盆纪颗石藻化石产出的地层层位及地质概况	(21)
第七章 石炭纪、二叠纪颗石藻化石产出的地层层位及地质概况	(42)
第八章 三叠纪颗石藻化石产出的地层层位及地质概况	(49)
第二篇 中国元古代、古生代颗石藻化石的分代描述	(52)
第一章 中元古代(1.75Ga~1.8Ga BP)长城系串岭沟组的颗石藻化石	(52)
第二章 晚元古代震旦系陡山沱组(570Ma~800Ma BP)的颗石藻化石	(55)
第三章 寒武系的颗石藻化石	(57)
第四章 奥陶系的颗石藻化石	(76)
第五章 志留系的颗石藻化石	(88)
第六章 泥盆系的颗石藻化石	(102)
第七章 石炭系的颗石藻化石	(145)
第八章 二叠系的颗石藻化石(其中包括二叠系、三叠系交界处的颗石藻化石)	(152)
第三篇 讨论研究颗石藻化石过程中的几个问题	(161)
第一章 鉴定元古代、古生代颗石藻化石的依据	(161)
第二章 颗石藻的形态、三级构成和晶体结构	(175)
第三章 元古代、古生代颗石藻化石的演化	(185)
第四章 研究颗石藻化石的意义	(199)
第五章 颗石藻、海洋和环境	(207)
参考文献	(213)
英文摘要	(220)
图版说明及图版	(227)

Contents

Part I Geological outline of China coccolith fossils' origin during Proterozoic and Palaeozoic Eras

Chapter 1 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin in Xuanlong iron mineral deposit	(1)
Chapter 2 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin in Wengfu phosphorus mineral deposit	(5)
Chapter 3 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin in Kunyang phosphorus mineral deposit and Tadong Well 1	(7)
Chapter 4 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin during Ordovician Period	(12)
Chapter 5 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin during Silurian period	(17)
Chapter 6 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin during Devonian Period	(21)
Chapter 7 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin during Carboniferous and Permian Periods	(42)
Chapter 8 Stratigraphical position and geological outline of coccolith fossils' origin during Triassic Period	(49)

Part II Time-mark description of China coccolith fossils during proterozoic and Palaeozoic Eras

Chapter 1 Coccolith fossils of Chuanlinggou Formation of the Great Wall System during middle Proterozoic (1.75~1.8 billion years)	(52)
Chapter 2 Coccolith fossils of Doushantuo Formation (0.57~0.8 billion years) of Sinian System during late Proterozoic Era	(55)
Chapter 3 Coccolith fossils during Cambrian Period	(57)
Chapter 4 Coccolith fossils during Ordovician Period	(76)
Chapter 5 Coccolith fossils during Silurian Period	(88)
Chapter 6 Coccolith fossils during Devonian Period	(102)
Chapter 7 Coccolith fossils during Carboniferous Period	(145)
Chapter 8 Coccolith fossils during Permian Period including coccolith fossils' description in boundary layer between Permian and Triassic Periods	(152)

Part III Several questions during coccolith fossils' discussion and research

Chapter 1 Identification bases of Proterozoic and Palaeozoic coccolith fossils	(161)
Chapter 2 Coccolith shapes and the three-grade composition as well as crystal structure	(175)
Chapter 3 Proterozoic and Palaeozoic coccolith evolution	(185)
Chapter 4 Coccolith fossils' research significance	(199)
Chapter 5 Coccolith, ocean and environment	(207)
References	(213)
English abstract	(220)
Plates and explanation	(227)

第一篇 中国元古代、古生代颗石藻化石产出地的地质概况

第一章 宣龙铁矿颗石藻化石产出的地层层位和地质概况

冀西北宣化—龙关一带的长城纪宣龙式铁矿是中外闻名的海相沉积鲕状、肾状赤铁矿，已有近百年的研究历史。早在 20 年代初，J.G.Andersson 等就对宣龙铁矿进行了研究。随后，王曰伦、邢裕盛、杜汝霖、朱士兴、张录易等，均从藻类化石（叠层石）的角度对其进行了研究。1992 年，杜汝霖等在宣化烟筒山、宣化县庞家堡和赤城县龙关等地的铁矿样品中，发现了大量可靠的低等蓝藻类微体植物化石。继而大量的各种藻类化石在含矿层系中、特别是在叠层石和鲕粒中被发现，其中颗石藻化石就是在含赤铁矿小鲕粒的岩石中发现的。现将赤城县龙关地区产出颗石藻化石的地层剖面叙述于下：

7. 含叠层石白云岩
6. 含钾页岩
5. 小鲕状赤铁矿，含颗石藻化石和针古蓝纤维藻、裂针古蓝纤维藻化石
4. 豆状和大鲕状赤铁矿
3. 肾状赤铁矿
2. 含铁石英岩
1. 粉砂质页岩与薄层砂岩互层

和颗石藻化石同层位的生物化石有管藻(未定种)(*Siphonophycus* sp.)、冈弗林特藻(未定种)(*Gunflintia* sp.)、类胶球藻(未定种)(*Myrococcoides* sp.)和巨大四分球藻(*Tetraphycus grandis*)(杜汝霖，1992)。此外，还有宣龙古隐杆藻(*Eoaphanothece xuanlongensis*)(侯奎和朱井泉，1997)等微古生物化石。

和串岭沟组沉积年龄接近且可以对比的冈弗林特组有两种不同的微化石相，一种是薄层燧石相，含有以浮游生活为主的生物组合，主要分子有伞状卡卡贝克藻(*Kakabekia umbellata*)、单一原始星形菌(*Eoastrion bifuzoatum*)；另一种是叠层石相。上述资料表明，串岭沟组地层也可划分为两个微化石相，即叠层石肾状赤铁矿以下（包括叠层石肾状赤铁矿层）为叠层石相，其余为与冈弗林特组薄层燧石相相当的含浮游生物化石的相。在这个类燧石的相中，不仅产出类卡卡贝克藻化石，还产出本书所描述的颗石藻化石（表 1），天然联系使然。

表 1 串岭沟组和冈弗林特组生物化石相对比

串岭沟组	类薄层燧石相	(含叠层石白云岩) 含钾页岩 小鲕赤铁矿、含颗石藻和类卡卡贝克藻化石 豆状大鲕状赤铁矿	冈弗林特组	薄层燧石相	薄层燧石含以浮游生活为主的伞状卡卡贝克藻、二分叉原始星形菌
	叠层石相	肾状赤铁矿(叠层石赤铁矿) 含铁石英岩 粉砂质页岩与薄层砂岩互层		叠层石相	叠层石(铁矿)

上表可看出，串岭沟组含小鲕粒赤铁矿的岩石中含有的卡卡贝克藻化石和冈弗林特组燧石相中所含的伞状卡卡贝克藻是大致相当的；如果说冈弗林特组薄层燧石相含有的生物是以浮游生活为主的，那么串岭沟组的含小鲕粒赤铁矿岩石中所含的类卡卡贝克藻也可能是以浮游生活为主的，所含之颗石藻是以浮游生物为主的浮游生物则是无疑的。因此，颗石藻在这种环境里产出，应该是可能的、不奇怪的。

由于生物成矿的专题研究，在宣龙铁矿中微体生物化石的研究有较大的进展。就我们所知，由下向上，在含铁砂岩中发现了古隐杆藻化石，在叠层石中发现了球形菌藻化石、根丝球藻化石；在含小鲕粒赤铁矿的岩石中发现了古蓝纤维藻化石、类卡卡贝克藻化石、拟粗枝藻化石和本书描述的颗石藻化石。就目前情况来看，宣龙铁矿的矿层系中所含的微体古生物化石、超微古生物化石的种类和数量，远远超过了加拿大冈弗林特组所含的生物化石。宣龙赤铁矿的含矿层系很可能会变成一个宣龙铁矿化石带，从而成为世界上最古老的生物化石带之最，其中颗石藻，就是世界上最古老的颗石藻化石。

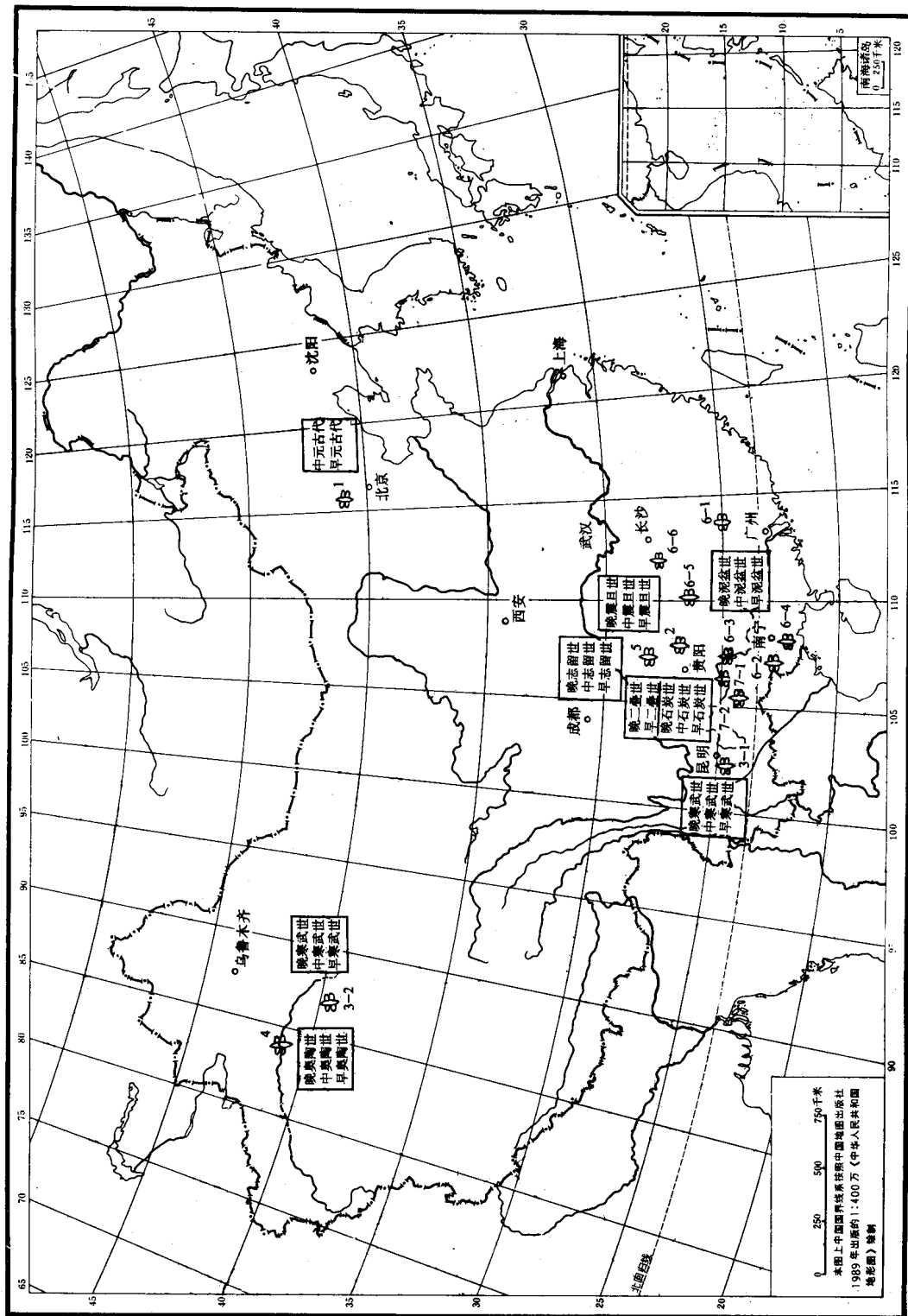


图1 中国元古代、古生代颤石藻分布

1. 河北赤城县龙关; 2. 贵州福泉县; 3-1. 云南晋宁县梅树村; 3-2. 塔里木盆地塔东1井; 4. 塔里木盆地英买1井; 5. 贵州桐梓; 6-1. 广东凡口; 6-2. 广西下雷; 6-3. 广西大厂; 6-4. 广西五相岭; 6-5. 湖南城步; 6-6. 湖南周家湾; 7-1. 广西田林浪平; 7-2. 广西田林八渡

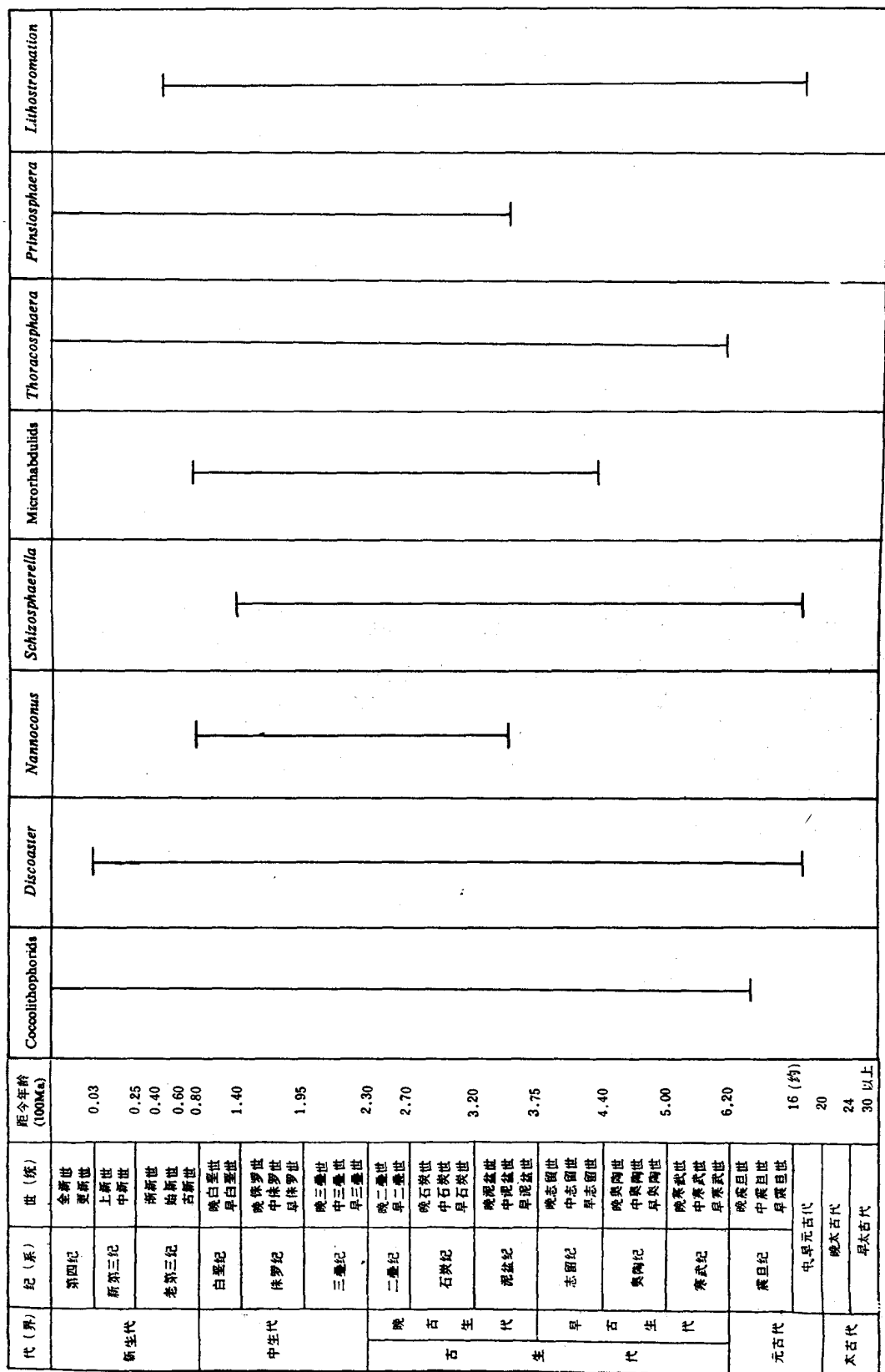


图 2 颗石藻化石的纵向地层分布

第二章 瓮福磷矿颗石藻化石产出的 地层层位和地质情况

晚元古代震旦纪晚期的颗石藻化石发现于贵州省福泉县瓮福磷矿陡山沱期的磷块岩中。该磷块岩含有属种丰富、类型众多、保存完好的晚前寒武纪生物群，被定名为瓮安生物群。在此层位上，东野（1984）还发现了微体遗迹化石福泉微皱纹迹（*Microptychoites fuquanensis* Dong）。而在这福泉微皱纹迹的6张照片上，其中4幅震旦系照片中有3处出现碟星藻科（*Discoasteraceae*）的分子。这就表明，瓮安生物群内，不仅有微古植物化石，而且当时还出现过微体动物，从而留下遗迹化石。颗石藻为远洋浮游生物，在海洋里四处浮游，因此在微体遗迹化石上留下它们的化石。与颗石藻同为浮游生物的疑源类，在这里也有化石保存，这一点很有意义。它们是疑源类瓮安未定型 A、B、C 及 *Cymatiosphaeroides kullingii* Kooil, 1984 等。现将产出颗石藻化石的地层剖面叙述于下。

灯影组

13. 燧石条带白云岩
12. 白云岩
11. 磷质砂砾岩
10. 藻白云岩
9. 古溶洞磷块岩
8. 核形石白云岩

陡山沱组

7. 较富的主要磷矿层
6. 白云岩
5. 较贫的主要磷矿层
4. 白云岩
3. 泥质白云岩及泥云岩
2. 粉砂质页岩

南沱组

1. 含砾砂岩

构成化石群的生物化石还有底栖的多细胞原植体植物（如分枝原叶藻 *Thallophyca ramosa*, 简单原叶藻 *Thollophyca simplica* 和球形瓮安藻 *Wengania globosa* 等），它们是瓮安陡山沱期沉积盆地中数量最多的且进化地位较高的生物类群；低等的单细胞蓝藻（如巨大四分球藻 *Paratetraphycus giganteus* Zhang, 1985；原始球壳藻 *Gloeocapsomorpha prisca* Zalessky, 1917, 古石囊藻（未定种）*Eoentophysalis* sp；古菌丝藻（未定种）*Eomycetopsis* sp.；拟颤藻属（未定种）*Oscillatorioopsis* sp. 及一些似现代的 *Chroococcus* 球状蓝藻等），在磷块岩化石生物群中也占有重要的位置，它们不仅大量散生于盆地之中，而且是多种类型的磷质

叠层石生长的直接参与者(夏文杰等, 1987)。

构成瓮安生物群之生物的颗石藻化石, 其产出时代比澳大利亚埃迪卡拉生物群所代表的时期略早[峡东陡山沱组测定的同位素 Rb—Sr 年龄值有 $673\text{Ma} \pm 66\text{Ma BP}$ 和 $693\text{Ma} \pm 66\text{Ma BP}$ 两个值(王曰伦等, 1980), 磷块岩层无直接同位素年龄资料]。与世界其他地区已发现的晚前寒武纪生物化石相比, 此化石生物群具有以下几个特点: (1) 它所保存的多细胞藻类化石有完好的细胞结构和组织分化。在世界其他地区极少发现内部结构保存如此完整的前寒武纪后生植物化石。(2) 保存的化石种类繁多。(3) 生物化石几乎都保存于磷块岩之中。

“瓮安生物群”与“淮南生物群”相比, 有很大差别。首先, “淮南生物群”比瓮安陡山沱期生物群所生存的时代要早, 前者为 $950 \sim 650\text{Ma BP}$, 后者为 $673\text{Ma} \pm 66\text{Ma BP}$ 。其次是生物化石的差别。“淮南生物群”是 1980 年郑文武在皖北地区前寒武系刘老碑组和九里桥组中发现的炭质压膜化石的总称, 它包括 *Chuaria* 化石群[环形丘阿尔藻 (*Chuaria amnularis*)、八公山卵形藻 (*Ovidiscina bagonshania*)、淮河鞋底形藻 (*Pumilibaxa huaiheiana*) 和刘老碑蚕豆形藻 (*Nephroformis liulaobeiensis*)]以及共生的带藻类、可能的蠕虫类和后生动物遗迹化石。这些化石大多只保存炭质膜结构, 它们产于九里桥组灰岩和刘老碑组页岩之中, 沉积环境为滨海或浅海盆地(郑文武, 1980)。

可与之对比的“瓮安生物群”所在之陡山沱组是峡东地区震旦系陡山沱组, 它们不仅层位相当, 而且所保存的生物化石, 面貌也大体一致。峡东地区震旦系陡山沱组的微体化石的报道很多(邢裕盛等, 1978; 尹磊明等, 1978; Yin Leimin, 1985, 1986; 赵自强等, 1985, 1988; 张忠英, 1981a, 1981b, 1982, 1984a, 1984b; Awramik et al., 1985), 这些化石可分为丝状蓝藻、球状蓝藻和球状疑源类三大类型。丝状蓝藻以 *Eomycetopsis rubusta*、*Gunflintia* cf. *minuta*、*Oscillatoriopis* sp.、*Siphonophycus* sp.、*Salome svalbardensis* 等为主; 球状蓝藻主要为 *Myrococcoides*、*Palaeoanacystis*、*Tetraphycus*、*Paratetraphycus* 等属的分子; 球形疑源类大多属于刺球类 (*Acanthomorphitae*), 如 *Microhystridium*、*Archaeohystrichosphaeridium*、*Asterocapsoides*、*Tianzhushannia*、*Comasphaeridium*、*Vandalosphaeridium*、*Baltisphaeridium* 等属的分子。

有关峡东地区的宏体化石的描述也很多。宏体藻类主要为炭质压膜状的文德带藻 (*Vendotaenia*) (邢裕盛, 1978; 曹瑞骥等, 1978)。还有一些藻丝体和藻类碎片, 可能的蠕虫化石以及一些虫管化石。

与之相比, 瓮安震旦纪陡山沱期磷块岩中保存的丝状和球状蓝藻微化石类型基本相同, 疑源类主要为刺球类, 多细胞藻类主要为 *Thallophyca* Zhang 和 *Wengania* Zhang。

元古代发现颗石藻化石的仅此两个层位, 一个是长城系串岭沟组, 一个是震旦系陡山沱组; 一个是铁矿, 一个是磷矿; 一个可能成为化石带, 一个已定名为“瓮安化石群”。都具有代表性和典型性。颗石藻化石的发现, 更为这些地层层段增加了新的内容。

第三章 昆阳磷矿和塔东 1 井颗石藻化石

产出的地层层位和地质概况

寒武纪颗石藻化石产出于两个地点，一个是云南省晋宁县梅树村地区的下寒武统，另一个是新疆塔里木盆地塔东 1 井的中、上寒武统，并分别于 1994 年(《地质科学》，1994 年第 2 期)和 1996 年(《地质科学(英文版)》，1996 年第 3 期)进行过报道。由于工作条件所限，对梅树村地区磷块岩中的颗石藻研究较少，对塔里木盆地塔东 1 井中、上寒武统颗石藻的研究，相对来说要多一点。现分别叙述如下。

一、云南昆阳磷矿下寒武统的颗石藻化石产于磷块岩中

昆阳磷矿位于云南省东部，昆明市西南，滇池西侧和南部，是滇东早寒武世成磷区主要的磷块岩矿床，是中外驰名的富磷带。许多学者都在区内进行过调查、研究工作，在矿床勘探、开米和区域地层、古生物研究方面取得了不少新进展。

昆阳磷矿赋存于下寒武统渔户村组中谊村段。其底板是渔户村组小歪头山段白云岩，两者以冲刷面或整合接触；顶板为渔户村组大海段白云岩，两者渐变过渡。昆阳矿带中谊村段分上、下含矿层，其间夹白云质泥岩，风化后黄白色，俗称白泥层，厚几十厘米至 1.6 米不等。上、下含矿层均以砂屑磷块岩为主，次为砾屑磷块岩、生物屑磷块岩和球粒磷块岩，另夹少量白云岩及硅质岩条带。下矿层厚为 1.5~6.8m，平均厚 3.5m，局部缺失； P_2O_5 的含量为 8.7%~38.8%，平均为 29.5%。上矿层厚为 1.9~14.8m，平均厚为 5.8m； P_2O_5 的含量为 8.2%~37.8%，平均为 26.3%。上磷矿层是颗石藻化石的产出层位。产出的颗石藻化石有 2 属 4 种，它们是微细管碟星藻属的：昆阳微细管碟星藻 *Microtubediscoaster kunyangensis* Hou, Tian and Chen et al. 和蜂巢微细管碟星藻 *Microtubediscoaster honeycomb* Hou, Tian and Chen et al. 及始四枝碟星藻属的：银杏叶始四枝碟星藻 *Eotetralithus ginkgolabulatus* Hou, Tian and Chen et al. 和管柱始四枝碟星藻 *Eotetralithus tubepillar* Hou, Tian and Chen et al.

值得在此提出的是，曾允孚等在“云南昆阳、海口磷矿的富集机理”一文中，其图版 I 上也出现了颗石藻化石。只是未作为颗石藻化石来描述罢了。

现将云南省晋宁县梅树村地区下寒武统地层古生物简况列于表 2。

昆阳矿区内著名的梅树村剖面(国际 ϵ/Z 界线候选剖面之一)，可作为地层划分对比的标准。

昆阳矿带梅树村剖面相分析的结果，下矿层下部以砂屑磷块岩为主，间有砾屑磷块岩。具有叠覆波痕、干涉波痕和干裂构造，反映了水位频繁变化和间歇暴露等潮汐作用特性，属典型的潮间环境。