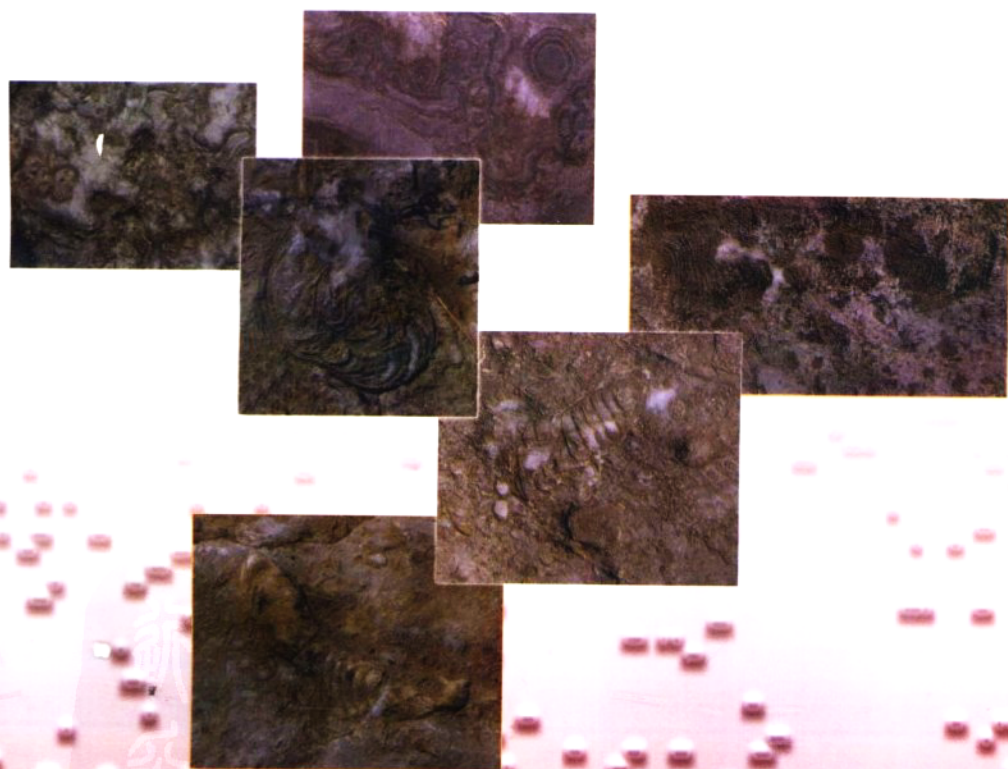


湖南晚古生代生物礁

柳祖汉 杨孟达 刘新华 杨荣丰 莫时旭 著



煤炭工业出版社

湖南晚古生代生物礁

柳祖汉 杨孟达 刘新华 杨荣丰 莫时旭 著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

综合论述了湖南晚古生代生物礁,主要是泥盆纪和二叠纪生物礁的类型、礁的规模、礁的古生物学特征和岩石学特征、礁的分布规律及其与岩相古地理的关系、礁的成因、礁与油气藏的关系。

本书实际材料丰富,理论分析透彻,观点新颖,包含了湖南晚古生代生物礁研究的最新成果,可供广大野外地质工作者、地质研究人员和有关教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

湖南晚古生代生物礁/柳祖汉…著. —北京:煤炭工业出版社, 2000

ISBN 7-5020-1460-8

I. 湖… II. 柳… III. 古生代-生物礁-研究-湖南省 IV. Q911.64

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第57862号

湖南晚古生代生物礁

柳祖汉 杨孟达 刘新华 杨荣丰 莫时旭 著

责任编辑:田园 袁筠

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居35号 100029)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 4 插页 6

字数 83 千字 印数 1—300

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

社内编号 4229 定价 15.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

晚古生代是湖南地质历史中生物礁最发育的时期。其中泥盆纪是珊瑚和层孔虫造礁的重要时期，二叠纪则是海绵和藻类造礁的重要时期。这两个时期的礁体种类多，分布也广，与油气的形成和储藏有较大的关系。

《湖南晚古生代生物礁及礁中找油的新思路》是湘潭工学院资助并由原煤炭部立项的课题。课题任务是对湖南晚古生代生物礁，主要是泥盆纪和二叠纪生物礁的类型、礁的规模、礁的古生物学特征和岩石学特征、礁的分布规律及其与岩相古地理的关系、礁的成因、礁与油气藏的关系等方面进行深入的研究。

课题负责人为柳祖汉教授和杨孟达副教授，课题成员有刘新华、杨荣丰、莫时旭等副教授。

研究工作开始于1996年，完成于1999年。野外工作包括测礁组合剖面16条，考察礁露头40多处。室内工作包括古生物化石、古生态标本和岩石矿物标本的整理、磨片、鉴定和研究。这两项工作由课题组成员分工协作共同完成。其中古生物和古生态的研究主要由柳祖汉负责，岩石矿物的研究主要由杨孟达、杨荣丰、刘新华负责。研究中遇到的关键问题由大家商讨解决。

研究报告由柳祖汉综合并主笔。本书是该课题的研究成果。

作 者

2000. 10

目 录

前言

第一章 湖南泥盆纪的生物礁	1
一、岩相古地理	1
二、礁的类型与分布规律	2
三、湖南泥盆纪的层状礁	3
四、湖南泥盆纪的台缘礁	10
第二章 湖南二叠纪的生物礁	27
一、岩相古地理	27
二、岩相古地理与生物礁分布的关系	29
三、生物礁的展布范围与规模	30
四、主要礁组合剖面	32
五、岩石学特征与微相分析	37
六、生物礁的古生物学特征	40
七、生物礁的发育过程	44
第三章 其它时代生物礁发育情况	47
一、晚泥盆世锡矿山期生物礁发育情况	47
二、石炭纪生物礁发育情况	47
三、早二叠世生物礁发育情况	47
第四章 湖南晚古生代隐伏生物礁的预测及礁中找油的新思路	49
一、湖南泥盆纪潜伏生物礁的预测	49
二、湖南二叠纪潜伏生物礁的预测	50
三、湖南晚古生代生物礁中找油的新思路	51
主要参考文献	53
图版说明及图版	55

第一章 湖南泥盆纪的生物礁

一、岩相古地理

生物礁的生长和分布受岩相古地理、古构造（尤其是古隆起和古断裂）、造礁生物的生长速度、海水进退及其速率等多种因素的控制。湖南泥盆纪生物礁只发育在中泥盆世吉微特期晚期（Late Givetian），即棋子桥期，至晚泥盆世弗拉斯期（Frasnian），即余田桥期。这一时期，湖南可分为二大沉积区：湘西北区、湘中南区（图1）。

（一）湘西北区

湘西北区包括花垣、永顺、保靖、龙山、大庸、桑植、慈利、石门、澧县等地。该区与鄂西、川东连成一片称泥盆纪川鄂浅海，在棋子桥期和余田桥期是陆源碎屑物沉积区。其岩性主要是含鱼和植物化石的砂岩、泥岩，夹少量含海相化石的泥灰岩。该区存在大量的陆源碎屑，对造礁生物的生长十分不利。

（二）湘中南区

湘中南区包括芷江、泸溪、桃源、湘阴、平江一线以南的广大地区。该区与湘西北区之间有江南古陆相隔，在泥盆纪海侵较大时期，两区海水可在桃江至临澧一带相通（易改危，1993），把江南古陆分割成武陵古陆和幕阜古陆。加里东运动在湘中南区形成了一系列北北东向分布的断裂带和褶皱带，该区的泥盆系直接形成于加里东褶皱基底之上。在开始泥盆纪沉积以前，虽然经历了长期的剥蚀过程，但基底地形尚未夷平，再加上存在一些活动断层，使沉积环境有较大的分异。这种分异导致了湖南泥盆系有较明显的相变。相变最强烈的时期是棋子桥期和余田桥期。这一时期内，该区总体上是广布的浅海，形成了大量的浅海碳酸盐沉积，但相变很明显。全区可分为滨岸相区、浅海碳酸盐台地相区（简称台地相区）和浅海台盆相区（简称台盆相区）等三个主要相区。

1. 滨岸相区

滨岸相区包括安化、桃源沙坪、桃江、宁乡、长沙、浏阳等地，向东可延至湘赣交界的萍乡、莲花一带。棋子桥期该相区分布在宁乡、长沙、浏阳古港一线以北，至余田桥期向南扩大到安化、涟源伏口、韶山等地。此即俞昌民等（1983）所称的内滨相带。该区滨临古陆，在这一时期主要是陆源碎屑物沉积；化石少，以植物和鱼为主，有少量腕足类和珊瑚。总体上看，该相区也不利于生物礁发育。

2. 台地相区

台地相区在棋子桥期分布在安化仙溪、安化清塘铺、涟源朱家段、双峰和株洲一线以南的大部分地区，到余田桥期其北部界线则退至涟源同方、湘乡棋子桥一线。该区以浅海

碳酸盐沉积为主,代表温暖、清洁、海水较浅的环境。在靠近台盆的台地边缘区域,水体较开放,水动力条件较强,含盐度正常,富氧,沉积物以富含生物碎屑的灰泥为主,常形成含生物碎屑泥晶灰岩、生物碎屑泥晶灰岩和泥晶生物屑灰岩。部分水动力较强的地方可形成亮晶生物碎屑灰岩和生物碎屑亮晶灰岩。底栖生物非常繁盛,有层孔虫、珊瑚、腕足类、苔藓虫、双壳类、腹足类、有孔虫、介形虫、海百合和藻类等,常形成生物礁,包括层状礁和边缘礁。台地内部区域相对局限,有较多含白云质的灰泥沉积,生物中除双孔层孔虫外,各种底栖生物,尤其是窄盐生物的数量急剧减少,一般情况下很少形成生物礁。但是,当台地内部环境变得比较开放的时期,亦可形成不很厚的层状礁或小型的点礁。

3. 台盆相区

台盆相区分布在滨岸相区和台地相区之间,分布较零散,在湘南大致从新宁、常宁、零陵至道县成马蹄形分布;在湘中则与台地相区相间,大致上呈北北东向的条带分布。在遂宁关峡至新化金风、新邵坪上、邵东扶锡等地条带较窄,在邵东余田桥至双峰涓水桥一带条带向北东明显加宽。这是一些基底地形相对低洼的区域,沉积物以泥质和硅质为主,富含有机质,常形成黑色泥岩、泥灰岩、含硅质结核或硅质条带的薄层灰岩、硅质页岩和硅质岩,富含黄铁矿晶体。生物中底栖生物显著减少,偶有薄壳的腕足类和双壳类。以竹节石类为主的游泳和浮游生物大量出现,余田桥期还有较多的菊石。该相区属于封闭或半封闭的往往缺氧的滞流环境。

在空间上,台盆相区和台地相区之间相变很快。在许多地方,如新化天马山、新化炉观、新邵巨口铺、新邵武桥、东安花桥、隆回石义杨家、隆回西岩、城步城关、城步清溪、洞口拜亭界等地,两种相区以断层为界,断层可能活动于沉积之前,更可能活动于沉积的同时,为同沉积断层。这种断层的存在使岩相在极短的距离内发生十分显著的变化。

在台盆相区几乎不发育生物礁。只在某些十分靠近台地的地方见有部分礁体。

二、礁的类型与分布规律

湖南泥盆纪的生物礁可分为岸礁、层状礁、台缘礁、丘礁和点礁。

(一) 岸礁

岸礁出现在棋子桥期中期和余田桥期晚期。棋子桥期中期岸礁发育在江南古陆南缘与滨岸相区毗邻的湘中碳酸盐台地北部边缘,由西至东见有安化木子坳、宁乡崔坪、望城狮子窑、浏阳松岗山等岸礁,该岸礁带近东西向展布,与安化—宁乡—长沙海岸线吻合。由于来自北侧古陆的大量陆源碎屑不断供给,致使岸礁发育不好。礁体主要以板状层孔虫、板链状床板珊瑚和藻类互层状盖覆或捆扎大量生物屑组成盖覆岩和捆扎岩。余田桥期晚期在湘东赣西碳酸盐台地东南部受桂东—汝城同沉积断裂控制,在其抬升盘上发育一系列的岸礁,自北东至南西有桂东四都坪、桂东沙田、汝城南洞和汝城牛田等,往西南该带延入广东凡口。礁体由深灰色块状珊瑚和层孔虫礁灰岩组成。造礁生物为板块状层孔虫、块状四射珊瑚,块状床板珊瑚和藻类(王根贤,1996)。

(二) 层状礁

湖南泥盆纪的层状礁也发育在中泥盆世棋子桥期和晚泥盆世余田期。其中湖南棋子桥组是层状礁最发育的时期。这些层状礁绝大多数发育在泥盆纪碳酸盐台地边缘地区,部分发育在台地内部,只有极少数分布在台地斜坡的上部。层状礁分布较集中的地带是在城步—洞口—新化台盆和零陵—常宁—新田台盆两侧的台地边缘,以及白马山、大乘山、龙山和猪婆大山等水下隆起区的周围。层状礁的层位、层数因地而异。不同地点和不同层位的层状礁在古生物组成、古生态特征、生物量、厚度等方面各有不同,可划分为不同类型;但基本上都属于层孔虫和珊瑚为主的礁体。

(三) 台缘礁

台缘礁主要发育在棋子桥期的中晚期。礁体沿与台盆毗邻的台地边缘断续分布。发育较好的有与城步—新化台盆毗邻的城步清溪、城步铺头、新邵巨口铺等生物礁和与娄底—涟源台盆毗邻的新邵财宏塘、涟源雷鸣洞、涟源双江等地的生物礁。这些生物礁发育的规模各有不同,但都有较大的厚度,有较大的古地貌隆起,都由造礁生物原地形成的具有抗浪能力的礁灰岩构成。造礁生物主要是块状层孔虫及块状的四射珊瑚、床板珊瑚和刺毛虫。在城步清溪既有层孔虫和珊瑚形成的生物礁,也有由藻类形成的生物礁。

(四) 丘礁

湖南泥盆纪的丘礁发育在中泥盆世棋子桥中晚期的台盆中及台地边缘斜坡上。并不是所有台盆地带都能发育丘礁,丘礁只发育在由构造作用或其它原因形成的水下隆起区。已报道的丘礁有城步—新化台盆中的城步铺头、隆回西岩、洞口龙口街等地的棋子桥期的生物礁和零陵—常宁—新田台盆中新田麻塘窝棋子桥期的生物礁,以及城步新化台盆中的新化天马山、隆回岩口、邵阳艾家老屋和东安花桥余田桥期的生物礁;有骨架礁也有障积礁。造礁生物是层孔虫和珊瑚。已报道的丘礁中有些是否是丘礁将在后面进一步讨论。

(五) 点礁

湖南泥盆纪的点礁发育在中泥盆世棋子桥期和晚泥盆世余田桥期碳酸盐台地内部某些相对较开阔的环境中,规模较小。如邵东桃林、邵东罗富塘的棋子桥期的点礁和衡东石峡、衡东夏浦、宜章长策、宜章平和、宜章官厂、新宁水庙等地的点礁。礁体多为板状层孔虫、丛状四射珊瑚和床板珊瑚及蓝绿藻为主形成的盖覆岩和障积岩,也有部分捆扎岩。

三、湖南泥盆纪的层状礁

(一) 湖南泥盆纪层状礁的类型

按最常见生物及其形态命名,主要有以下 6 种类型。

1. 不规则块状层孔虫层状礁 (简称 A 型礁)

这类礁以数量上占优势的不规则块状层孔虫为特征,由大量的层孔虫和复体珊瑚构成骨架岩,生物量可达整个礁灰岩的 70% 以上。以涟源雷鸣洞棋子桥组下部的层状礁为例:层孔虫占生物量的 50%,其中不规则块状的占 40% 以上,包壳状的约占 10%,板状和枝状的较少。就生物属种而言,占优势的只有 *Actinostroma*, *Stromatopora*, *Clathrodictyon*, *Stromatoporella* 等少数属;其次是四射珊瑚,占生物量的 30%,主要是 *Argutastrea*, 长度为

20~80cm, 呈不规则块状或近球状, 另有极少量的单体四射珊瑚, 如 *Pseudomicroplasma*, *Temnophyllum*, *Cyathophyllum* 等。床板珊瑚 *Alveolites* 占生物量 18% 左右, 呈块状或包壳状。其它生物所占生物量很少, 有枝状床板珊瑚、腕足类、腹足类、海百合等。总之, 这类礁的生物属种虽然不少, 但在数量上占优势的只有少数几种。

2. 近球状珊瑚和包壳状层孔虫层状礁 (简称 B 型礁)

这类礁以富含近球形的块状珊瑚和包壳状的层孔虫为特征, 由层孔虫和床板珊瑚包覆在复体四射珊瑚或其它生物之上形成骨架岩, 生物量达礁灰岩的 50% 左右。以邵东马鞍山棋子桥组下段的层状礁为例: 块状复体四射珊瑚约占生物量的 40%, 其中 *Argutastrea* 的复体约占 30%, *Endophyllum* 的复体约占 10%; 这些珊瑚复体的形态以近球形为主, 部分为半球形或不规则形, 直径 5~30cm。床板珊瑚 *Alveolites* 和 *Classialveolites* 占生物量的 8%, 呈块状、包壳状、板状。层孔虫占生物量的 30% 左右, 多包壳在珊瑚体之上, 也有板状, 属种较丰富, 常见属有 *Stromatopora*, *Gerronostroma*, *Pararellopora*。此外, 有枝状珊瑚 *Thamnopora*, *Cladopora*, *Alveolitella*, *Disphyllum* 以及单体四射珊瑚 *Temnophyllum*, *Cyathophyllum*, *Sunophyllum* 等十多个属; 有腕足类 *Stringocephalus*, *Atrypa* 以及刺毛虫、海百合、腹足类、海绵等。生物种类丰富, 数量也较多。

3. 枝状床板珊瑚及包壳状层孔虫层状礁 (简称 C 型礁)

这类礁体以大量枝状床板珊瑚和包壳状层孔虫为特征。层孔虫先围绕床板珊瑚的枝体生长, 然后相互连结, 再继续增长形成抗浪骨架; 生物量可达 40%~70%。以新邵严塘棋子桥组下段的层状礁为例, 枝状床板珊瑚占生物量的 40% 左右, 其中主要是 *Thamnopora* 约占 30%, *Classialveolitella* 约占 7%, *Alveolitella* 约占 3%; 层孔虫约占生物量的 40%, 属种很多, 常见 *Stromatopora*, *Clathrocoelona*, *Gerronostroma*; 床板珊瑚 *Alveolites* 约占生物量的 10%, 其生态与层孔虫相似; 此外, 尚有丛状和单体四射珊瑚 *Disphyllum* 和 *Temnophyllum*, 刺毛虫 *Chaetetes*, 腕足类 *Atrypa*, *Athyris*, *Stringocephalus* 以及腹足类、海百合、苔藓虫等。

4. 网球状层孔虫层状礁 (简称 D 型礁)

这类礁以众多网球状层孔虫为特征。礁中有大量的床板珊瑚被层孔虫包壳。生物体分散或部分连结, 仅起到障积作用, 未能形成骨架式的抗浪体。生物量占礁灰岩的 30%~40%, 生物密集处可达 70%。这类礁的生物量偏少, 是否能称为礁尚可讨论。以新田白杜村水库棋子桥组的层状礁为例, 礁灰岩中生物量占 30%, 床板珊瑚占总生物量的 50%, 其中枝状的 *Thamnopora* 占 25%、*Alveolitella* 占 5%, 块状的 *Alveolites* 占 20%; 层孔虫占总生物量的 40%, 包覆在其它生物之上, 层层生长形成直径 5~10cm 的网球形块体, 常见属有 *Trupetostroma*, *Actinostroma*, *Clathrocoelona*; 此外尚有腕足类 *Stringocephalus* 和 *Ilmenia* 以及海百合和腹足类等, 数量很少。有时可见部分双孔层孔虫 *Amphipora*。

5. 薄层状层孔虫层状礁 (简称 E 型礁)

这类礁以占优势的薄层状层孔虫为特征, 由层孔虫盖覆其它生物的骨骼形成礁体, 生物量可达礁灰岩的 30%~60%。以武岗龙溪铺棋子桥组的层状礁为例, 层孔虫占生物总量

的80%，其中60%呈厚1~10cm、宽10~100cm的薄透镜状，20%呈直径3~10cm的网球状或半球状；层孔虫的常见属有 *Clathrocoelona*, *Trupetostroma*, *Stromatopora*, *Planocoenia* 等；被层孔虫盖覆的生物有腕足类 *Stringocephalus*, *Ilmenia*, *Atrypa*；四射珊瑚 *Disphyllum*, *Temnophyllum*；床板珊瑚 *Thamnopora*, *Alveolites*, *Alveolitella*；腹足类和海百合等。有时有少量双孔层孔虫 *Amphipora*。

6. 藻层状礁（简称F型礁）

这类礁基本上由蓝绿藻形成，藻化石的量达礁灰岩的60%。这种礁仅见于城步清溪棋子桥组。藻化石呈深色的团块，镜下观察可见藻丝状体。藻团之间有大量空洞，空洞大小从几毫米至几十厘米不等，均被亮晶充填，具栉壳状结构。某些层位亮晶充填的空洞成层状排列，成为一种特殊的“巨型窗格构造”。这种构造形状极似一般藻纹层中常见的窗格构造，但尺寸要大几十倍。除了藻类，礁中几乎没有其它生物化石。

（二）古生态特征及沉积环境分析

1. A型礁

不规则块状层孔虫在丘礁、堤礁和点礁的高能清水环境中生长，在某些开放性的层状礁中也可见到（董得源，1986）。块状层孔虫和珊瑚共同形成坚固的抗浪构造是对强动荡环境的适应。存在大量被破碎或被倾覆的生物体也是高能的证据。珊瑚和腕足类等窄盐生物的存在则表明海水含盐度是正常的。

A型礁曾在连源雷鸣洞、新邵巨口铺、新邵财宏塘、城步县城等地见到。这些地点都位于泥盆纪碳酸盐台地边缘，从古地理位置分析也属于开放高能的环境（图1）。由于这些地方礁组合出露不完整，只是根据其不大的厚度判断为层状礁，其中某些所谓的“层状礁”有可能是台缘礁的礁基或礁翼插入其它沉积物中的部分。

2. B型礁

球形的层孔虫也在高能动荡的环境中生长，可在某些开放性的层状礁中见到（董得源，1986）。近球形或半球形的复体珊瑚同样适应这种环境（柳祖汉，1987）。生物的保存状态，如腕足类壳体的破损、枝状珊瑚的折断、块状层孔虫和珊瑚体的倾覆，进一步指示了高能动荡的特点。古生代珊瑚对泥质物的适应能力比层孔虫强，B型礁中珊瑚与层孔虫的比例明显大于A型礁，说明B型礁的沉积环境中陆源物有所增加。礁格架充填物中泥质成分增多也反映了这一点。

凡是A型礁分布的地点，均有B型礁分布。这与它们都需要高能动荡的环境条件有关。湖南泥盆纪棋子桥期是一个海进的过程，海岸线向北推移，陆源物的分布范围渐向北移，在横向上B型礁往往发育在A型礁的向陆一侧，在纵向上A型礁往往发育在B型礁的上方。B型礁的分布更广，除上述发现A型礁的地点外，在隆回岩口、邵东马鞍山、洞口拜亭界、城步杉坊至隆回西岩一线均有分布（图1）。前两地当时处于碳酸盐台地的边缘，后两地是在当时台地边缘斜坡的上部，从古地理位置分析也属于较动荡且泥质物相对较多的环境。

3. C型礁

大量枝状床板珊瑚的存在及部分保存较好的丛状和单体四射珊瑚的出现，是较低能环

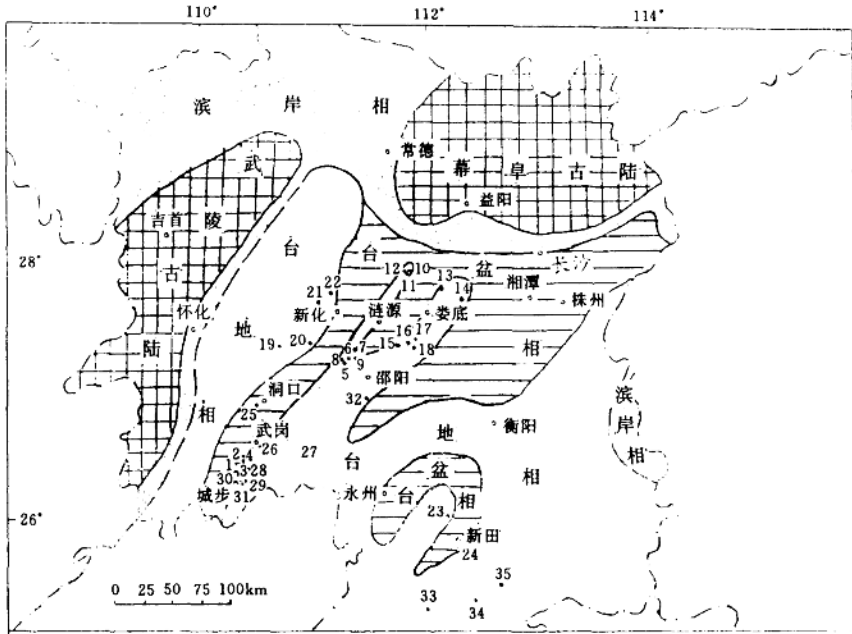


图1 湖南中泥盆世棋子桥期沉积相与生物礁分布图

(据王根贤, 1996 修改)

- 1—苏家冲；2—白腊铺；3—杉坊；4—西岩；5—白云铺；6—铜柱滩；7—财宏塘；8—巨口铺；9—严塘；10—雷鸣洞；11—田湖；12—伏口；13—双江；14—棋梓桥；15—马鞍山；16—罗富塘；17—桃林；18—两头塘；19—苏河；20—岩口；21—炉观；22—天马山；23—黄公塘；24—白杜村；25—拜亭界；26—龙溪铺；27—一渡水；28—清溪；29—芭蕉；30—西禾石场；31—碾堡山；32—白仓；33—汪井；34—太平；35—番花岭

境的指示。部分床板珊瑚系原地生长并被层孔虫包覆连结形成骨架，部分折断并被层孔虫盖覆。断枝意味着存在过风浪作用。腕足类 *Atrypa* 和苔藓虫相对数量不多，但常见，它们偏爱泥质略多的环境。大量窄盐生物的存在是海水含盐度正常的标志。

这一类礁分布很广，曾在湘乡棋子桥、新邵严塘、新邵白云铺、邵东两头塘、涟源双江等多地见到（图1）。从古地理位置分析，这些地方都处在台地内侧距台地边缘不远的低能但仍属开放的环境。

4. D 型礁

枝状床板珊瑚在低能环境中比较丰富。网球状层孔虫则常出现在低能乃至局限环境。双孔层孔虫更是局限环境的标志。层孔虫往往在基底某一珊瑚断枝上开始生长，往上形成网

球状或指状(图2)。层孔虫只有在低能环境中才能维持这种生长状态并使原样得以保存;但是当枝状床板珊瑚大量生长并出现一些断枝时,应是低能偶有动荡的开放环境;而当双孔层孔虫大量出现时,应是包括礁后在内的局限环境。

D型礁发育在由台地边缘向台地内部过渡的区域,如新邵铜柱滩、城步碣堡山东侧、城步芭蕉、涟源伏口、湘乡棋子桥、新化禾青、隆回六都寨等地(图1)。

5. E型礁

薄层状层孔虫常在礁后比较封闭的环境中生活(董得源,1986)。已发现有E型礁的武岗龙溪铺、新田黄公塘、新宁一渡水等地(图1),其古地理位置均已深入台地内部,沉积环境比较局限。泥盆纪棋子桥期晚期,湘中、湘南的碳酸盐台地几乎整个变成局限环境,这时E型礁也出现在新邵巨口铺、城步县城、邵东马鞍山、新邵财宏塘等原属台地边缘的地区。在邵东桃林、罗富塘等地这种类型的层状礁可发育成为点礁(王根贤,1996)。

Playford(1981)提出薄层状的层孔虫大多生活在水深小于10m的环境中,最多不超过15m。在马鞍山等地,可见到E型礁与代表潮上带或潮间带的具窗格构造的藻纹层一起出现。

宋裕发等(1994)在巨口铺棋子桥期生物礁组合剖面上也观察到同一现象。

6. F型礁

由蓝绿藻形成的层状礁只能发育在较浅的透光带水域中,某些“巨型窗格构造”成层状排列说明有时礁顶已接近水平面。缺少其它生物可能与大量蓝绿藻分泌一种具毒性的“水花”有关。

在湖南仅由蓝绿藻形成的礁至今只发现一处,还难以分析这类礁的分布规律。城步清溪在古地理上位于台地的边缘。在清溪藻礁的下方有一层亮晶生物碎屑灰岩,灰岩中有大量非常破碎的腕足类壳体,被亮晶胶结,显示了高能的特点。该礁是在滩(Bank)的基础上发育起来的。

在西班牙察夫拉(Zafra)发现有寒武纪的藻类—古杯礁丘(algal and archaeocyathus reef mound),礁丘的某些层位也有成层的“巨型窗格构造”,与城步清溪所见十分相似。此礁丘被认为发育在很浅的潮下带或潮间带下部(Elena Moreno-Eiris等,1995)。

(三) 层状礁的对比

1. 生物特征的对比

生物特征的对比以表1示之。表中,生物复体占生物总量40%以上的为很多、40%~20%为多、20%~5%为较多、5%以下为少;生物单体分常见、少见;空白表示难以见到;保存状态以常见破损和倾覆者为差,基本完整保持原地生长者为好,中间程度者为较差。

2. 礁形成环境的对比

主要环境因素的对比以表2示之。

从以上两项对比可以清楚地看出,从A型礁按字母顺序至E型礁,其生物组成是依次递变的。这种递变性质正是由环境因素的依次递变决定的。F型礁比较特殊且目前只发现一

表1 各类层状礁生物特征的对比
Comparison of the characters of biostrome types

各类层状礁	A型礁	B型礁	C型礁	D型礁	E型礁	F型礁
不规则块状层孔虫	很多	少	少			
球状、板状层孔虫	较多	很多	较多			
包壳状层孔虫	少	较多	很多	多	少	
网球状层孔虫		少	很多	较多		
薄层状层孔虫	少	少	局部较多	局部多	很多	
双孔层孔虫			少	局部多	局部很多	
不规则块状珊瑚	多	少	少			
球状、板状珊瑚	较多	很多	较多	少		
枝状珊瑚	少	较多	很多	很多	少	
单体四射珊瑚	少见	常见	常见	少见		
蓝绿藻	少	少	少	少	少	很多
腕足类	少见	常见	常见	少见	少见	
腹足类	少见	少见	常见	常见	常见	
海百合茎	常见	常见	常见	少见	少见	
保存状态	差	差	较好	好	好	好

表2 各类层状礁的环境因素的对比
Comparison of the environmental factors of the biostrome types

各类层状礁	A型礁	B型礁	C型礁	D型礁	E型礁	F型礁
开放性	开放	开放	开放	较局限	较局限	开放
能量	高能	较高能	较低能	低能	低能	较高能
深度	浪基面上	浪基面上	浪基面附近	浪基面下	近海平面	透光带
陆源物	少	可略多	可略多	少	少	少
含盐度	正常	正常	正常	可稍变	可稍变	正常
光	充足	充足	充足	充足	充足	充足

处，尚未总结出一般规律，难以与其它层状礁作客观的对比。

(四) 几个对比实例

1. 城步县城东西两侧层状礁的对比

城步县城位于泥盆纪碳酸盐台地的边缘。作为台地和台盆界线的三水—城步断裂呈南北向从县城西侧 0.5km 处穿过，断层以东为台地，以西为台盆（图 1）。

县城西侧采石场出露一层状礁，西距界线断层仅 200m。礁的下部被覆盖，上部出露厚

度 10m。这是典型的 B 型礁, 无论生物组成还是保存状态都显示了高能的环境条件。礁的盖层中含有大量同心堆叠的核形石 (SS—R)。礁之上的地层中虽未发育其它礁体, 但时常可见许多长达 30~60cm 的不规则块状层孔虫, 还有许多壳体十分破碎的腕足类 *Stringocephalus*, 有些较完好的壳体呈定向排列 (图 2)。这些现象均符合台地边缘高能的环境特点。

城步县城东侧距界线断层 2km, 也有层状礁出露, 共六层, 每层厚 0.8~2m。层位低的五层都是典型的 D 型礁, 最上一层是 E 型礁。这些礁的生物组成和生物保存状态都显示了低能的环境条件。下部五层礁之下和之间的地层多数是化石很少的白云质微晶灰岩。有的层中双孔层孔虫 *Amphipora* 密集成层; 有的层中有数量不多的枝状床板珊瑚和层孔虫, 某些层孔虫长成尖头向上的指状或长圆锥状; 还有的层中有双壳或单壳保存的腕足类 *Stringocephalus*, 单壳者大多数凹面向上 (图 2)。以上现象反映了较局限的低能环境, 偶尔受风暴的扰动。最上一层礁的上下常见具窗格构造的藻纹层或垂直向上的虫管化石 *Skolithos*, 这是水体很浅的潮间带或潮上带的标志。

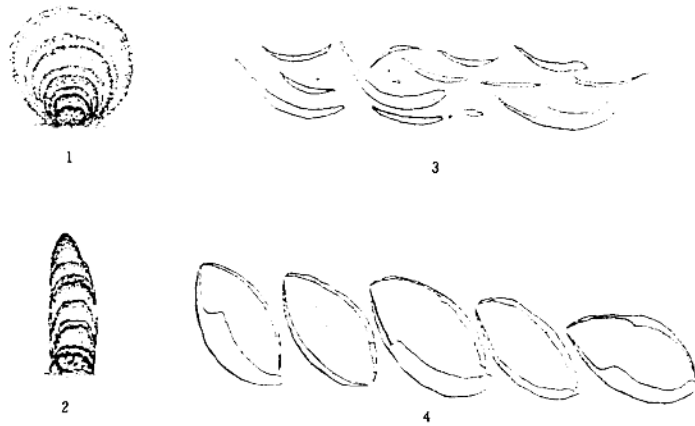


图 2 几种生物保存状态 (据野外素描)

1—层孔虫向上呈网球状; 2—层孔虫向上呈指状; 3—腕足类单壳凹面向上; 4—腕足类定向排列

城步县城东西两侧层状礁的差别, 说明了紧靠台地边缘是开放的高能地带, 具备礁发育的有利条件且延续时间可能较长, 可形成较厚的层状礁甚至形成边缘礁, 如堤礁。台地内侧, 尽管距台地边缘只有短短 2km, 却是局限的低能环境, 只能在偶尔变得较为开放的条件时形成厚度较小的层状礁。台地边缘形成较厚的层状礁或边缘礁是造成台地内侧封闭的重要原因之一。因露头限制, 目前尚难判断西侧的层状礁是否会边缘礁的一部分。

2. 新邵巨口铺和新邵财宏塘层状礁的对比

巨口铺和财宏塘分别位于窄长的冷水江—新邵泥盆纪碳酸盐台地上。财宏塘在台地东侧近边缘处, 巨口铺在台地的西侧更靠近边缘 (图 1)。

巨口铺层状礁属 B 型礁, 分三层, 各层之间被薄层泥质条带灰岩和泥晶灰岩所隔, 其

下为泥岩夹泥灰岩。层状礁之上发育了台缘礁。

财宏塘层状礁有多层，多为 D 型礁和 E 型礁，厚度 5~10m 不等。各层礁之间为泥晶灰岩，夹多层双孔层孔虫。其中上部的几层可能是边缘礁向礁后沉积插入的部分。

巨口铺的层状礁对后来形成台缘礁有重要的意义，“它在平坦的海底上首次聚集了极为丰富的各种造礁生物，在该海域形成一个稳定的生物群落，并建成生物礁的雏形，为后续各阶段的发展提供了生物学上的保证”（巩恩普，1993）。

财宏塘层状礁的情况与城步县城东侧的层状礁极为相似。财宏塘与巨口铺相距约 20km，它们之间的白云铺、铜柱湾、严塘等地（图 1）亦有层状礁，但都只有一层，厚度仅数米。

这个对比实例同样说明 B 型礁只发育在台地边缘很窄的范围内，它们有可能继续发育成台缘礁，也有可能只为今后发育台缘礁提供一个基础。离边缘不远环境就有很大的变化，只能有少数不厚的低能条件下形成的 D 型礁或 E 型礁，越远离边缘，层状礁越不发育。

3. 涟源雷鸣洞、田湖铁一矿和伏口的层状礁的对比

雷鸣洞位于泥盆纪台地的边缘，该处层状礁有两层，为 B 型礁，之上为一厚 40m 以上的边缘礁。该边缘礁的生物组成与 A 型礁几乎相同。田湖铁一矿层状礁厚 5m，属 C 型礁。伏口层状礁厚仅 1m，是 D 型礁。田湖铁一矿和伏口两地的层状礁层位与雷鸣洞的 B 型礁相同，而且层状礁之上均为巨厚的白云质泥晶灰岩，含极为丰富的双孔层孔虫；除少量腹足类外其它生物罕见。

雷鸣洞层状礁位于泥盆纪台地边缘，田湖铁一矿层状礁向西深入台地 3.5km，伏口层状礁则再深入 4km（图 1）。从这个例子可看到台地边缘很适合礁的生长，既有 B 型礁，还发育了与 A 型礁组成几乎相同的台缘礁。越向台地内部环境越封闭越不适合礁的发育，层状礁厚度变薄，且由 B 型礁转变为 C 型礁再变为 D 型礁。

四、湖南泥盆纪的台缘礁

（一）台缘礁的分布及有代表性的礁组合剖面

湖南泥盆纪的台缘礁发育在与台盆毗邻的台地边缘或台地边缘斜坡的上部，往往沿台地边缘的走向呈北北东向连续或断续分布。发育较好的台缘礁见于城步清溪、城步白腊铺、新邵巨口铺、新邵财宏塘、涟源雷鸣洞和涟源双江等地。其中城步白腊铺礁经详细勘察延伸长达 12km 以上。该礁将在后面详细讨论。以下介绍较有代表性的涟源雷鸣洞礁组合剖面和新邵巨口铺礁组合剖面。

1. 涟源雷鸣洞礁组合剖面

上覆地层 中泥盆统棋子桥组上段：灰白色厚层状粗晶白云质灰岩，风化面灰黑色。化石均被白云岩化破坏。

棋子桥组下段：

11) 灰至深灰色巨厚层状生物礁骨架岩。造礁生物有不规则块状层孔虫、块状四射珊瑚，枝块状和板状床板珊瑚。附礁生物有腕足类、单体四射珊瑚、有孔虫等。常见化石有

层孔虫 *Actinostroma*, *Stromatopora*, *Clathrocoelona*; 珊瑚 *Argutastrea*, *Neostriophyllum*, *Pseudomicroplasma*, *Thamnopora*, *Alveolites*; 腕足类 *Stringocephalus*。40.8m

10) 灰褐色巨厚层状白云质泥岩上部变化成泥灰岩。泥岩中化石有腕足类: *Lingula*。泥灰岩中化石有腕足类 *Atrypa*; 珊瑚 *Temnophyllum*, *Thamnopora*, *Crassialveolites*; 蠕虫 *Spirorbis*。7.7m

9) 灰至深灰色巨厚层状含生物屑泥晶灰岩夹深灰色中层状泥灰岩。化石有瘤状、板状和包壳状层孔虫; 块状四射珊瑚 *Endophyllum*, *Argutastrea*, *Sunophyllum*; 腕足类 *Stringocephalus*。3.4m

8) 深灰色至灰黑色厚层状泥灰岩夹黑色薄层状白云质泥岩。化石有腕足类 *Atrypa*, *Ilmenia*; 珊瑚 *Temnophyllum*, *Argutastrea*, *Pathyfavosites*; 苔藓虫 *Fistulipora*, *Cyclotrypa*。13.7m

7) 灰至深灰色厚层状泥质条带泥晶灰岩夹黑色薄层状白云质泥岩。化石有块状和板状层孔虫; 珊瑚 *Stringophyllum*, *Argutastrea*, *Endophyllum*, *Alveolites*; 腕足类 *Stringocephalus*。4.9m

6) 深灰色至灰黑色巨厚层状白云质泥岩。中上部化石有腕足类 *Lingula*。底部有珊瑚 *Argutastrea*, *Temnophyllum*, *Alveolites*; 腕足类 *Schizophoria*, *Atrypa*。5.6m

5) 深灰色厚层状泥晶灰岩夹黑色薄层状白云质泥岩。化石有腕足类 *Stringocephalus*, *Atrypa*; 珊瑚 *Endophyllum*, *Argutastrea*, *Sunophyllum*。7.9m

4) 灰至深灰色中厚层状泥晶灰岩夹黑色薄层状白云质泥岩。灰岩中化石有板状层孔虫 *Stromatopora*; 腕足类 *Stringocephalus*, *Atrypa*; 珊瑚 *Argutastrea*, *Cyathophyllum*, *Alveolites*, *Thamnopora*; 腹足类。泥岩中化石有腕足类 *Lingula*; 双壳类 *Nuculoidea*, *Pterineidae*。7.2m

3) 灰黑色厚层状泥灰岩夹灰黑色薄层状白云质泥岩。化石有腕足类 *Schizophoria*, *Indospirifer*; 珊瑚 *Endophyllum*, *Argutastrea*, *Temnophyllum*, *Thamnopora*, *Cladopora*; 层孔虫 *Pycnostroma*。9.3m

2) 灰色至浅灰色厚层状白云质泥岩夹泥质灰岩透镜体。化石有腕足类 *Lingula*; 双壳类 *Nuculoidea*, *Pterineidae* 和海百合, 藻纹层发育。15.8m

1) 灰绿色至灰白色白云质泥岩。化石有轮藻: *Sycidium*。15.8m

———整合———

下伏地层 中泥盆统跳马涧组: 紫灰色、灰白色细粒长石石英砂岩。

2. 新化巨口铺生物礁

上覆地层 中泥盆统棋子桥组上段: 灰白色巨厚层状含生物泥晶灰岩。

———整合———

中泥盆统棋子桥组下段:

8) 灰色至灰白色巨厚层状生物礁灰岩。造礁生物以蓝绿藻为主, 尚有部分球状、板状和枝状层孔虫, 板状或枝状床板珊瑚。附礁生物有腕足类和腹足类及有孔虫、介形虫等。

肉眼估计生物量为 15%~25%，局部可达 30% 以上。藻类有 *Rothpletzella*, *Girvanella* 等；层孔虫主要有 *Stromatopora*, *Actinostroma*, *Trupetostroma*, *Stachyotes* 等；珊瑚有 *Alveolites*, *Caliapora*, *Thamnopora* 等；腕足类有 *Stringocephalus* 等。43m

7) 灰白色至浅灰色巨厚层状生物礁灰岩。造礁生物主要为板状层孔虫，床板珊瑚和刺毛虫及部分蓝绿藻。附礁生物有单体四射珊瑚、腕足类、腹足类、介形虫和有孔虫。生物量达 40% 左右，局部可达 50% 以上。造礁生物以交替盖覆和捆结的方式形成礁灰岩。层孔虫有 *Stromatopora*, *Trupetostroma*, *Clathrocoilona*；珊瑚有 *Alveolites*, *Crassialveolites*, *Alveolitella*, *Temnophyllum*；藻类有 *Rothpletzella*, *Girvanella* 等；腕足类有 *Stringocephalus*, *Atrypa*, *Ilmenia*。50m

6) 浅灰色至灰白色巨厚层状生物礁灰岩。造礁生物以板状和块状层孔虫、床板珊瑚、块状四射珊瑚为主，还有部分藻类。附礁生物有枝状层孔虫、丛状和单体珊瑚、腕足类、腹足类、海百合、有孔虫和介形虫等。生物量达 40%~50%，局部可达 60% 以上。某些层位古喀斯特发育。生物以捆结和盖覆的方式形成礁灰岩。层孔虫主要有 *Stromatopora*, *Clathrocoilona*, *Actinostroma*；珊瑚主要有 *Alveolites*, *Argutastrea*, *Temnophyllum*；腕足类有 *Stringocephalus*, *Ilmenia*；藻类有：*Rothpletzella*, *Gurvanella*。46m

5) 深灰色巨厚层状亮晶生物屑灰岩。生物屑几乎全是海百合茎，单节或多节保存。还有少量薄层状、板状和包壳状的层孔虫，床板珊瑚和单体四射珊瑚。生物量达 70%~80%。层孔虫主要有 *Stromatopora*, *Trupetostroma*；珊瑚主要有 *Alveolites*, *Temnophyllum*。10m

4) 灰黑色厚层状泥灰岩、瘤状灰岩夹灰黑色薄层泥晶灰岩。化石较少，部分岩层有较腕足类 *Atrypa*, *Ilmania*。11m

3) 深灰色厚层状生物礁灰岩。造礁生物以块状四射珊瑚为主，其次为板状和块状的层孔虫和床板珊瑚。附礁生物有丛状和单体珊瑚及腕足类。生物保存较完好。生物堆叠，生物量达 80%。层孔虫有 *Stromatopora*, *Clathrocoilona*, *Trupetostroma*, *Ferestromatopora*, *Stachyodes*；珊瑚有 *Argutastrea*, *Temnophyllum*, *Alveolites*, *Classialveolites*, *Thamnopora*, *Caliapora*；腕足类有 *Atrypa*, *Stringocephalus*。5m

2) 灰黑色中厚层状含生物屑泥晶灰岩，部分为生物礁灰岩。生物量 10% 左右，局部可达 50% 以上。层孔虫以块状为主，其它生物化石有珊瑚、腕足类和藻类。层孔虫有 *Stromatopora*, *Clathrocoilona*, *Gerronostroma*, *Trupetostroma*；珊瑚有 *Argutastrea*, *Temnophyllum*, *Disphyllum*, *Alveolites*, *Classialveolites*, *Caliapora*；腕足类有 *Atrypa*, *Stringocephalus*。35m

1) 黄灰色薄层状钙质泥岩，页岩。化石少，仅见少量腕足类。腕足类有 *Atrypa*, *Chonetes*。25m

—————整合—————

下伏地层 中泥盆统跳马涧组：灰紫色至灰白色长石石英砂岩。

(二) 礁组合剖面的岩石学特征和微相分析