

文章编号: 1000-0550(2014)01-0027-09

# 藏北索县—巴青地区中侏罗世生物礁古生态学研究<sup>①</sup>

肖传桃 柳成叶 明陈肯 艾军 范君

(长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室 武汉 430100)

**摘要** 索县、巴青地区均位唐古拉山脉的南侧,属于羌塘地层区,其中,索县的桑卡拉侓组和巴青马如的布曲组中均发育有生物礁。造礁生物主要为六射珊瑚 *Schizosmilia*、层孔虫 *Parastromatopora* 以及双壳类 *Liostrea*。在分析造礁生物的个体生态特征基础上,根据研究区造礁生物类型及其组合特征,将生物礁划分为5个造礁群落,即 *Schizosmilia-Parastromatopora-Parastromatopora*、*Schizosmilia-Liostrea* 和 *Cyanobacteria-Liostrea* 造礁群落,并阐述了各群落的组成、结构与功能以及生态环境特征。根据群落在纵向上的组合与发育特征,分析了造礁群落的演化与海平面的变化特征,其中, *Schizosmilia-Parastromatopora-Parastromatopora* 和 *Schizosmilia* 三个群落构成了索县地区造礁群落的演化序列, *Liostrea* 和 *Cyanobacteria-Liostrea* 构成了巴青地区造礁群落的演化序列。造礁群落演化分析表明,群落演化表现为两种形式,第一种形式为群落演替,这种形式主要发育于索县桑卡拉侓组生物礁中;第二种形式为群落取代,这种形式主要发育于巴青布曲组生物礁中。最后,阐述了研究区的生物礁的发育特征与成礁方式,认为研究区主要成礁方式有造架作用、障积作用和黏结—障积作用,其中前两者主要体现于桑卡拉侓组生物礁中,后两种主要见于巴青布曲组生物礁中。

**关键词** 生物礁 古生态学 成礁方式 中侏罗世 藏北地区

**第一作者简介** 肖传桃 男 1965年生 博士 教授 古生态学、综合地层学及沉积学 E-mail: ctxiao@yangtzeu.edu.cn

中图分类号 Q911 文献标识码 A

## 0 引言

藏北索县、巴青均位唐古拉山脉的南侧,属于藏北地层区<sup>[1]</sup>,区内中侏罗世地层中发育有大量生物礁,这些生物礁系作者等发现<sup>[2,3]</sup>。研究区生物礁分别产于索县中侏罗统桑卡拉侓组和巴青马如布曲组中。桑卡拉侓组的中部到上部为开阔台地相灰岩沉积,布曲组也属于一套正常浅海相灰岩沉积。索县桑卡拉侓组中发现的中侏罗统生物礁与中扬子地区下奥陶统生物礁比较相似<sup>[4,5]</sup>,其共同特点是数量多、分布广,但厚度和规模较小(图2),礁体厚大约2~7.5 m,在横向上可见80~100 m,区域上出露范围约10 km。生物礁多半呈面包状、丘状及似层状等,与正常沉积岩层呈指状交错特征,且分带比较明显。

其中,本区双壳类 *Liostrea* 生物礁在中侏罗统的发现,在我国双壳类生物礁领域尚属于首次。这一发现一方面填补了西藏北部地区生物礁领域的空缺,同时也丰富了中国侏罗系生物礁的类型,更有意义的是

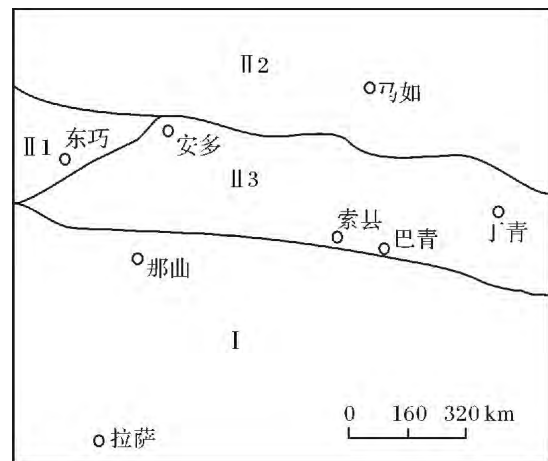


图1 研究区地层区划(引自文献[1])

I. 冈底斯—念青唐古拉区; II.1. 班戈—东巧分区;  
II.2. 唐古拉山分区; II.3. 怒江中上游分区

Fig. 1 Stratigraphic divisions of the study area

这个发现对于现今和以后在我国最后一块尚未大规模勘探的大陆区域—西藏北部地区进行石油和天然气勘探具有一定的经济意义。

<sup>①</sup>国家自然科学基金(批准号:40972019)、湖北省教育厅计划类科技项目基金与长江大学科学发展基金联合资助  
收稿日期:2012-06-08;收修改稿日期:2012-12-07

表1 藏北地区中—东部侏罗纪地层系统  
Table 1 Jurassic strata system of the middle-east part of North Tibet

地层系统		地层分区	班戈—东巧分区	怒江(中上游)分区	唐古拉山分区	
侏罗系	上统	提唐阶	沙木罗组	拉贡塘组	雁石坪群	雪山组
		基末里阶				索瓦组
		牛津阶				
	中统	卡洛阶	东巧蛇绿岩群	桑卡拉组	夏里组	
		巴通阶			布曲组	
		巴柔阶			雀莫错组	
	下统	托尔阶			曲色组	

## 1 区域地层发育特征

藏北索县、巴青及安多地区均位唐古拉山脉的南侧,属于藏北地层区(表1),其中索县桑卡拉组中产有腕足类: *Holcothyris elliprica*, *Futchiyris lingularis*; 层孔虫 *Parastromatopora memoria - naumarmi*, *P. sp.* 以及珊瑚 *Schizosmilia rollier* 等。其中 *Holcothyris elliprica* *Holcothyris* 是中侏罗世标准化石,是著名的 *B-H* 动物群的命名分子,而且主要限于中侏罗世中期(巴通期)<sup>[6]</sup> *Parastromatopora memoria-naumarmi* 分布较泛,见于欧洲、日本以及伊朗等地中上侏罗统<sup>[7-19]</sup>。布曲组中产有腕足类 *Burmihynchia cuneata*, *B. trilobata* *Holcothyris golmudensis* 以及 *H. fleas* 等、双壳类 *Liostrea birmanica* *L. sublamellos* 和 *Camptonectes (C.) lens* 等。这些化石均为中侏罗世标准化石,并构成了 *Burmihynchia-Holcothyris* 组合带,而且主要限于中侏罗世中期(巴通期),它们曾见于双湖地区、雁石坪地区的布曲组、滇西、藏东的柳湾组、和平乡组以及缅甸的南瑶组(Namyao Series)<sup>[5]</sup>。因此,本生物带的地质时代应属中侏罗世中期。

## 2 造礁生物的种类和生态特征

研究区的中侏罗世造礁生物类型以层孔虫为主,其次为双壳类及六射珊瑚等。在造礁生物中,层孔虫宏观形态为柱状,而六射珊瑚则以丛状群体为主,双壳类单体属于固着生活的生态类型,尽管上述三种生物均为造礁生物,但它们的生态特征均有差异。

### 2.1 层孔虫的生态特征

层孔虫主要见于索县城东桑卡拉组,其形态呈柱状或筒状为,以 *Parastromatopora memoria - naumanni* 为代表,其直径 1~1.5 cm,长 5~8 cm 不等。

层孔虫属于海洋底栖固着生活的动物(图版 I-A, B),全部都是群体,没有单体。层孔虫的硬体构造比较复杂,具有固着功能的星根状构,其主体部分包括有共骨、轴柱、虫室、中柱以及泡沫组织和骨素等构造<sup>[2]</sup>,层状构造很发育,它是层孔虫不同阶段生长的产物。层孔虫中群居的很多软体个体都位于众多的虫室内,这些软体的个体都能分泌钙质的骨骼。层孔虫这类动物一般固着于较硬的底质上生活,其摄食方式主要靠从流动的水体中滤食有机质或者微生物等,由其硬体构造和造礁功能推测其生态环境应为光线、氧气充足、清洁、温暖、且水体循环较好的正常浅海。由于筒状层孔虫的共骨结构较为结实,且能够形成较坚实的抗浪格架,能够起到障积灰泥或者碳酸盐颗粒的作用,因此,其生态环境推测为水体较浅、能量相对较高的环境,筒状层孔虫共骨间充填有一定数量的粉屑和生物碎屑等现象说明了此点。

### 2.2 六射珊瑚的生态特征

六射珊瑚以 *Schizosmilia rollier* 为代表,主要出现在索县桑卡拉组生物礁中,该类珊瑚呈丛状复体,个体横截面呈圆—椭圆形(图版 I-C, D, E),直径 25~30 mm,珊瑚体腔内具有两级隔壁,其一级隔壁最长,可相交于体腔中心,二级隔壁较短,大约为为一级隔壁的 2/3~4/5。在露头中六射珊瑚多呈原始生长状态保存,其生态功能主要是原地固着生长,并形成抵抗波浪的格架,障积灰泥及各类碳酸盐的颗粒,最终形成了障积礁或骨架礁。

群体六射珊瑚是一类典型底栖固着型动物,和层孔虫类似,其群居的许多软体个体分别位于众多的虫室内,每个虫室容纳一个小的个体。其捕食方式和层孔虫类似,靠其口周围的一圈或多圈触手的来回摆动,引起海水流动并进入其口中,之后滤食海水中所携带的有机质、微生物和养分等。六射珊瑚所要求的生态环境与层孔虫较为相似,生活于温暖、清洁、能量相对较高,光线和氧气充足,水体循环较好的正常浅海中。

### 2.3 双壳类的生态特征

研究区造礁的双壳类只发育于巴青县马如乡一带的布曲组中<sup>[2]</sup>,且是布曲组中主要的造礁生物,其特征主要表现为 *Liostrea*(光蛎)一属的大量繁盛,该类生物呈单体、且近似于牡蛎状、具有左右两瓣壳的

动物左、右两壳就是其硬体,其两瓣壳较厚,软体位于左右两壳之内,其左壳一般呈膨凸较强,右壳则比较扁平(图版 I-F, G, H),这种特殊的形态特征是由于 *Liostrea* 长时间以左壳固着于较硬的海底上生活,右壳已经特化为口盖演化而成的。

*Liostrea* 一般以左壳固着于较硬的海底上生活,利用其扁平右壳的频繁地张、合作用而将带有微生物及有机质的海水引入其壳内,然后从流动的水体中滤食有机质等食物为生,但是,当海水不清洁或浑浊时,其右壳便作为口盖而盖于左壳之上以保护其软体组织<sup>[2]</sup>。由 *Liostrea* 生物特化的硬体构造等推测,该类生物能够适应于不同盐度和不同浑浊度的浅海环境,但当其生态环境为温暖、清洁、光线和氧气充足的正常浅海时,它们便能大量固着生长和繁殖,形成生物礁。

### 3 造礁生物群落划分

造礁群落是群落最典型的体现,因为造礁群落中的大部分生物大都是固着生活的,其中的生物均有各自的生态位,每个群落具有较清晰的边界,而死亡后的造礁生物群均属于典型的原地埋葬生物群,所以对造礁群落的研究具有重要的古生态学意义。本文通过对研究区造礁群落的研究,不仅可以用于古环境的分析,而且对于研究区的古气候、古地理及古大地构造的研究提供重要的依据。根据生物礁内部造礁生物的生长阶段性特征以及造礁生物的组合特征,本文将索县桑卡拉侗组生物礁划分为3个造礁群落,巴青布曲组生物礁也划分为3个造礁群落(表1)。

#### 3.1 *Schizosmilia-Parastromatopora* 群落

该群落主要见于索县中侏罗统柳弯组中,即图2中的A群落,其下为生物礁的礁基,由生物碎屑灰岩组成,之上为 *Parastromatopora* 群落,这两个群落间的边界较清晰。

组成:本群落的组成分子主要有四射珊瑚 *Schizosmilia rollieri* S. sp 和柱状层孔虫 *Parastromatopora memoria-naumanni* P. compacta, P. sp.。

结构与功能:在该群落中, *Schizosmilia* 为优势分子,其含量约为60%~70%,在地层中多呈垂直于层面或者倾斜保存状态,少数化石呈水平状态。*Schizosmilia* 的生态功能是在原生态状态条件下固着生长,障积灰泥和碳酸盐颗粒,该生物是本群落中的建设者,为群落的生长造就了稳定的生活环境。*Parastromatopora memoria-naumann* 为本群落的特征分子,同

时也构成了亚优势分子,丰度为20%~30%,其生态功能与 *Schizosmilia* 功能大体相同。块状的层孔虫 *Milleporella pruvosti* 在本群落中含量很少。腕足类 *Tubithyris globata* 以及双壳类 *Lopha solitaria*, *Chlamys baimaensis* 为本群落的居礁生物,他们基本属于固着生活。

生态环境分析:在该群落中,营固着底栖方式生活的生物占100%,四射珊瑚 *Schizosmilia*、层孔虫 *Parastromatopora* 直接固着海底生活,腕足类 *Tubithyris* 以肉颈附着海底, *Lopha* 以壳体固着, *Chlamys* 可能以足丝附着生活。这些固着生活的生物靠流动的水体带来营养和食物为生。由于四射珊瑚 *Schizosmilia* 属于丛状复体,其抵抗水动力强度较大,但由于 *Parastromatopora* 的柱体直径1~1.5 cm,因此,很难抵抗较强的水动力条件,综合以上因素,本文认为本群落的生态环境可能为光线、氧气充足、清洁、温暖、循环较好以及水体略深的正常浅海,水体深度约10~20 m。

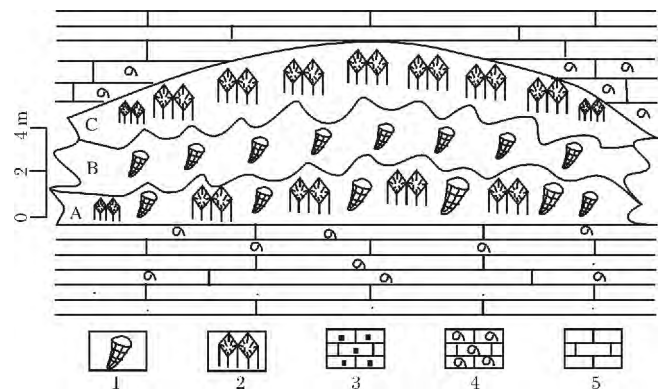


图2 索县城东中侏罗世桑卡拉侗组生物礁分布特征  
(据文献[11]修改)

1. 柱状层孔虫; 2. 四射珊瑚; 3. 砂屑灰岩; 4. 生屑灰岩; 5. 泥晶灰岩; A. *Schizosmilia-Parastromatopora* 群落; B. *Parastromatopora* 群落; C. *Schizosmilia* 群落

Fig. 2 Reef distribution of Liuwan Formation from Middle Jurassic in the eastern of Suoxian county

#### 3.2 *Parastromatopora* 群落

本群落主要见于索县中侏罗统柳弯组中(图版 I-A),即图2中的B群落,群落的顶、底边界清晰,之下为 *Schizosmilia-Parastromatopora* 群落或其形成的障积礁,之上为 *Schizosmilia* 群落或其形成的障积礁。

组成:该群落主要由柱状层孔虫组成,如 *Parastromatopora memoria-naumanni*, P. compacta, P. sp. 等,其次为腕足类 *Tubithyris globata*, T. whathyensis, *Kutchithyris pingqua* 等。

结构与功能: 在本群落中, *Parastromatopora memoria-naumarmi* 占绝对优势, 其丰度为群落的 80%, 并构成群落的优势分子, 同时亦为特征分子, 其次为 *P. compacta*。它们多数呈垂直层面的直立状态保存, 平卧者很少。其生态功能是原地固着生活, 障积和捕获灰泥, 给群落创造了稳定的生态环境, 与前一群落相比, 本群落的构架相对较小。

生态环境分析: 本群落也属于较典型的底栖固着生态型, 营底栖固着型生物近于 100%, 即以柱状层孔虫 *Parastromatopora* 大量繁盛为特色, 它们多数呈垂直层面的直立状态保存, 平卧者较少, 由于本群落的空间构架相对较小, 加之因 *Parastromatopora* 的柱体具有较小的直径 1 ~ 1.5 cm, 因此, 本群落难以抵抗很强的水动力, 可能适应于能量中等—低能条件的生态环境, 因此, 其生态环境应为光线、氧气充足、清洁、温暖、循环较好以及水体稍深的正常浅海, 水深约 15 ~ 25 m。

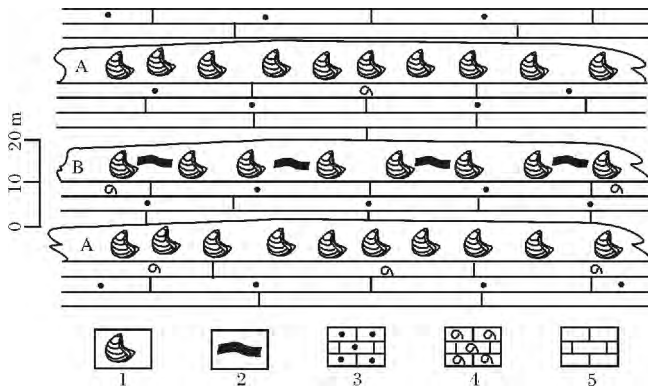


图 3 巴青马如地区中侏罗世布曲组生物礁分布特征

1. *Liostrea*; 2. Cyanobacteria; 3. 砂屑灰岩; 4. 生屑灰岩; 5. 泥晶灰岩;  
A. *Liostrea* 群落; B. Cyanobacteria-*Liostrea* 群落

Fig. 3 Reef distribution of Buqu Formation from Middle Jurassic in Maru area of Baqing county

### 3.3 *Schizosmilia* 群落

该群落主要见于索县中侏罗统柳弯组中, 即图 2 中的 C 群落, 群落的顶、底边界清晰, 之下为 *Parastromatopora* 群落或其形成的障积礁, 其上为灰色薄至中层状泥晶灰岩组成的礁盖。

组成: 本群落的组成分子主要为四射珊瑚 *Schizosmilia rollieri*, *S. sp.* 等和腕足类 *Holcothyris elliptiyris*, *Kutchiyris lingularis*。

结构与功能: 在该群落中, *Schizosmilia* 为优势分子, 其丰度约为 50% ~ 60%, 在地层中多呈垂直于层面或者倾斜保存状态, 少数化石呈水平状态。其生态

功能是在原生态状态条件下固着生长, 障积灰泥和碳酸盐颗粒, 该生物是本群落中的建设者, 为群落的生长造就了稳定的生活环境。 *Holcothyris elliptiyris* 和 *Kutchiyris lingularis* 为居礁生物, 丰度约为 20% ~ 30%, 但他们也是营固着生活。

生态环境分析: 在该群落中, 营底栖固着型生物为 100%, 四射珊瑚 *Schizosmilia* 直接固着海底生活, 腕足类 *Holcothyris* 和 *Kutchiyris* 以肉颈附着海底, 其个体较大, 壳体较厚等特征说明其适应的水体较浅。这些固着生活的生物靠流动的水体带来营养和食物为生。由于四射珊瑚 *Schizosmilia* 属于丛状复体, 其复体呈圆形放射状, 直径可达 25 ~ 30 cm, 能够抵抗强度较大的水动力, 因此, 能够适应较浅的水体, 综合上述因素认为, 本群落代表的生态环境应为温暖、清洁、氧和光线较为充足、循环较好水体稍深的正常浅海, 水深约 10 ~ 15 m。

### 3.4 *Liostrea* 群落

本群落主要分布于巴青县马如乡雁石坪群布曲组下部和上部, 即图 3 中的 A 群落, 与周围沉积岩层边界清晰, 其下为亮晶生物碎屑组成的礁基, 其上泥晶灰岩组成的礁盖。

组成: 组成本群落的生物主要有 *Liostrea birmanica*, *L. sp.*, *Protocardia stricklandia*, *Camptonectes (Camptonectes) riches*, *P. cf. stricklandia* 等。

结构与功能: *Liostrea* 既是本群落的特征分子, 同时构成了该群落的优势分子, 其含量占 80% ~ 90%, 该生物以左壳固着于海底生长, 在地层中多数为双壳一起保存, 在群落中起着建设作用, 并为该群落造就了稳定的生活环境。 *Camptonectes (Camptonectes) riches* 由于含量少, 属于偶见分子, 其丰度为 4%, 该生物的足丝凹口较明显, 说明其生活方式是以足丝附着于较硬的海底或附着于 *Liostrea* 壳上生活, 由其生活方式可推测为它属于造礁生物。 *Protocardia* 则属于移动底栖生活方式, 其丰度为 6% ~ 10%, 属于居礁生物。

生态环境分析: 在本群落中, 营固着底栖生活的生物约占 90% 以上, 且以 *Liostrea* 占绝对优势, 其次为少量的 *Camptonectes (Camptonectes) riches* 形成了双壳类的障积礁, *Liostrea* 具有壳体较厚、中等大小等特征, 上述特征说明了该类生物能够适应水动力较强的海洋环境, 因此, 推测该群落生态环境应为循环较好、中等能量、温暖和清洁的正常浅海, 海水深约 15 ~ 25 m。

### 3.5 Cyanobacteria-*Liostrea* 群落

该群落主要分布在巴青县马如乡雁石坪群布曲组中部,即图3中的B群落,与周围沉积岩层边界清晰,其下为亮晶生物碎屑与砂屑灰岩组成的礁基,其上为泥晶灰岩组成的礁盖。

组成: 该群落的组成分子主要有 *Liostrea eduliformis*, *L. sublamellose*, *Protocardia hepingxiangensis*, *Camptonectes (Camptonectes) lens*, *Pholadomya socialis qinghaiensis* 和 *Pseudotrapezium cordiforme* 以及蓝细菌 *Cyanobacteria* 等。

结构与功能: 在本群落中,以 *Liostrea* 一属大量繁盛为特征,是本群落的优势分子,其含量占生物的70%~80%,该生物以左壳固着于海底生长,在地层中多数为双壳一起保存,在群落中起着建设作用,并为该群落造就了稳定的生活环境。*Cyanobacteria* 为本群落的特征分子,其含量约为15%~20%,其作用是黏结 *Liostrea* 以及灰泥等作用,在群落中也起到建设作用。*Pholadomya* 含量较少,为该群落的偶见分子,含量约为2%,主要营移动底栖方式生活。

生态环境分析: 在本群落中,以固着底栖方式生活的生物为主,约占70%~85%,其中以 *Liostrea* 生物占绝对优势,它多半适应于动力较强的海水环境,而蓝细菌 *Cyanobacteria* 的出现说明海水需要一定的光照条件。所以,该群落可能代表光线和氧气充足、温暖和清洁、水体循环较好的潮间带环境,水深大约5~15 m。

## 4 造礁群落的演化

群落的演化形式与生物礁的发育有着密切的关系,群落演化存在两种演化形式,即演替与取代现象,群落演替现象多发生于环境渐变条件下,与之对应的生物礁更替多表现为生物礁的连续生长与发育,而群落取代现象则多发生于环境突变条件下,与之对应的生物礁发育多表现为生物礁演化的阶段性变化。

### 4.1 索县地区造礁群落的演化

索县地区生物礁主要见于桑卡拉侗组中,桑卡拉侗组大致可以分为两段,下段为碎屑岩与碳酸盐岩混合沉积,上段为颗粒灰岩、泥晶灰岩及生物障积岩沉积,这两段分别经历了一个海平面变化旋回。研究区生物礁发育于桑卡拉侗组的上段,且生物礁的演化一般分为三个阶段,即奠基阶段、发育阶段和衰亡阶段,在奠基阶段中形成礁基,沉积物多表现为亮晶砂屑灰岩及生屑灰岩,在生物礁的发育阶段中,造礁群落演化具有连续性(表2),即存在演替系列,反应了生物

礁的发育与海平面的变化之间基本保持同步。

在桑卡拉侗组一段形成之后,本区进入了第二个海平面变化旋回,同时,生物礁的发展进入了生长初期阶段,由于海平面的广泛上升,抑制了碎屑物质向盆地的带入,在研究区形成了一套以泥晶灰岩、生物礁灰岩沉积;又因本区处于热带或亚热带地理位置,海平面上升导致了造礁生物如四射珊瑚和柱状层孔虫等得以大量繁盛,并形成了本区生物礁的第一个造礁群落,即 *Schizosmilia-Parastromatopora* 群落,由于造礁生物 *Schizosmilia* 和 *Schizosmilia* 的大量原地固着生长,从而形成了障积灰泥的抗浪格架,同时完成了本区生物礁发育初期阶段,并形成了 *Schizosmilia-Parastromatopora* 障积骨架礁。

表2 索县—巴青中侏罗世巴通期造礁群落及演化序列  
Table 2 Bathonian Reefs-bearing communities of Middle Jurassic and their evolution series of Suoxian-Baqing area

统阶	巴青造礁群落及演化形式	索县造礁群落及演化形式
中侏罗统	<i>Liostrea</i>	<i>Schizosmilia</i>
	<i>Cyanobacteria-Liostrea</i>	取代 <i>Parastromatopora</i>
	<i>Liostrea</i>	取代 <i>Schizosmilia-Parastromatopora</i>

随着时间的推移,本区海平面逐渐缓慢上升,随着水体能量的不断降低,四射珊瑚 *Schizosmilia* 逐渐减少,并以柱状层孔虫 *Parastromatopora* 大量发育为特征,最终形成以 *Parastromatopora* 为主体的造礁群落,并完成了 *Schizosmilia-Parastromatopora* 群落向 *Parastromatopora* 群落的演替过程,同时也完成了本区生物礁发育中期阶段,并形成了 *Parastromatopora* 障积骨架礁。之后,由于本区海平面有逐渐下降,水体逐渐变浅,能量逐渐增高,从而导致抗浪能力较弱的柱状层孔虫 *Parastromatopora* 逐渐减少,而抗浪能力较强的四射珊瑚 *Schizosmilia* 大量发育,形成了 *Schizosmilia* 造礁群落,同时也完成了本区生物礁发育晚期阶段,并形成了 *Schizosmilia* 障积骨架礁。在此之后,由于本区海平面的较快速的上升,从而导致生物礁生长速跟不上海平面的上升速率而衰亡,使得生物礁的发育进入了衰亡阶段。

### 4.2 巴青地区造礁群落的演化

巴青地区生物礁主要见于布曲组中,布曲组主要为颗粒灰岩、泥晶灰岩及双壳类障积岩沉积,其中的生物礁的演化大致为三个阶段,即奠基阶段、主要发育阶段和衰退阶段。与索县地区相似,在奠基阶段过程中以形成礁基为特点,但本区生物礁的发育阶段中

造礁群落的演化不具有连续性(表2),即不存在演替系列,而表现为群落的取代现象,反应了生物礁的发育与海平面的变化的非同步性。

在雀莫错组沉积之后,本区进入了布曲组的发育时期,该组大体上包括了3个海平面变化旋回,每一个海平面变化旋回发育了一次生物礁事件沉积,每一个造礁事件表现为一次造礁群落的发育和繁殖。第一次海平面上升晚期,导致了造礁生物 *Liostrea* 的广泛发育,且固着生长,形成 *Liostrea* 造礁群落,它们障积灰泥形成抗浪格架,之后由于海平面的进一步上升而结束了生物礁的生长。第一次生物礁发育进入了衰亡阶段。在此之后,本区布曲组进入第二个海平面变化旋回,同时,发生了第二次生物礁繁殖事件,由于海平面的广泛上升,在研究区形成了一套以泥晶灰岩、双壳类障积灰岩沉积,又因本区处于热带或亚热带地理位置,海平面上升导致了造礁生物如 *Liostrea* 和蓝细菌(*Cyanobacteria*)的大量繁盛,并形成了本区的第二个造礁群落,即 *Cyanobacteria-Liostrea* 群落,由于造礁生物 *Liostrea* 的大量原地固着生长以及 *Cyanobacteria* 的发育,从而形成了黏结—障积灰泥的抗浪格架,并形成了 *Cyanobacteria-Liostrea* 黏结—障积骨架礁,之后由于海平面的进一步上升而结束了生物礁的生长,使得第二次生物礁的发育进入了衰亡阶段。

同样的方式导致本区第三次造礁事件的发生,形成了 *Liostrea* 障积骨架礁。值得指出的是,本区由于三次造礁事件都是独立发育的,期间存在着环境的显著变化,因此,布曲组造礁群落之间关系与索县桑卡拉侓组造礁群落之间关系不同,即布曲组中不存在连续的群落演替关系,而表现为取代关系。

## 5 生物礁的发育特征与成礁方式

不同时期生物礁的发育特征不同,不同类型生物礁的发育特征也不尽相同,不仅如此,生物礁的成礁方式也大不相同,这主要体现于生物礁的内部构筑方式上。

奠基阶段是生物礁赖以发展的基础,具体表现为各类生物礁的礁基由亮晶颗粒碳酸盐岩组成,说明了生物礁都是在能量较高的生物滩或砂屑滩硬底基础上发育起来的。

生物礁的发育阶段是礁核的主要发育时期,其特征是造礁生物的快速和大量繁盛,由于生物礁类型的差异,研究区生物礁的发育阶段表现为不同的成礁作用方式,分别表现为造礁生物的钙质分泌作用、灰泥

捕获作用、生物原地堆积作用以及生物的障积作用等。在索县地区,生物礁在早期发育阶段和晚期发育阶段以造架作用为其主要成礁作用方式(分别形成六射珊瑚—柱状层孔虫骨架礁与六射珊瑚骨架礁),并伴以造架生物的原地堆积、自身分泌和捕获等成礁方式;在中期阶段则以障积作用为主要成礁方式,其次为捕获灰泥的作用(形成柱状层孔虫障积礁)。在巴青地区,生物礁发育阶段的早期与晚期以固着族生的双壳类障积作用为主成礁方式,中期阶段中出现了蓝细菌等低等藻类,以黏结—障积作用为其成礁方式。

衰退阶段是生物礁发育的消亡期,表现为造礁生物迅速减少,或完全消失。生物礁衰亡的因素多表现为两种情况。第一种可能是由于生物礁生态环境水体变浅,海水能量明显加强,致使造礁生物难以适应高能环境而大量减少甚至消失,并被浅滩环境的礁盖所取代;第二种可能是由于生物礁的生存环境快速变深,水体的光线和氧的含量、温度、光照条件等环境因子均不适合造礁生物的生存,从而使得造礁生物迅速减少或完全消失。本区的生物礁的衰亡多属于第二种情况。

## 6 结论

通过对西藏索县—巴青地区中侏罗世生物礁的古生态学研究,本文得出如下认识:

(1) 本区中侏罗世地层中,以层孔虫为主要造礁生物,其次为六射珊瑚和双壳类。其中,层孔虫外形较为单调,以柱状为主要类型,这些造礁生物多以原生态条件的状态保存,它们均均要求光和氧气充足、温暖、清洁、循环良好得正常浅海环境。

(2) 造礁生物组合分析表明,研究区晚侏罗世生物礁可以划分为5个造礁群落,它们是 *Schizosmilia-Parastromatopora*, *Parastromatopora*, *Schizosmilia*, *Liostrea* 和 *Cyanobacteria-Liostrea* 造礁群落,各群落的组成、结构与功能以及生态环境特征分析表明,尽管造礁群落的所要求生态环境大体相似,但它们要求的水体具体深度可能存在一定的差异性。

(3) 造礁群落演化分析表明,群落演化表现为取代两种形式,第一种形式为群落演替,这种形式主要发育于索县桑卡拉侓组生物礁中,主要由于生态环境处在渐变条件下,从而导致生物礁内部造礁生物之间的相互竞争而完成群落的更替。第二种形式为群落取代,这种形式主要发育于巴青布曲组生物礁中,主

要是由于相对海平面和生态环境的明显变化所造成, 由于海平面的相对较快速的上升, 导致生物礁的生长速率跟不上海平面的变化, 故而导致生物礁的衰亡, 从而导致群落的更替。

(4) 对生物礁的发育特征与成礁方式研究认为, 研究区主要成礁方式有造架作用、障积作用和黏结—障积作用, 其中前两者主要体现于桑卡拉侏组生物礁中, 后两种主要见于巴青布曲组生物礁中。

致谢 参加野外工作的还有龚文平、李艺斌、胡明毅、肖安成等, 在此表示衷心的感谢。

### 参考文献(References)

- 肖传桃, 夷晓伟, 李梦, 等. 藏北安多东巧地区晚侏罗世生物礁古生态学研究[J]. 沉积学报, 2011, 29(4): 752-760 [Xiao Chuantao, Yi Xiaowei, Li Meng, et al. A study on palaeoecology of Late Jurassic reefs in Dongqiao area in Anduo county of northern Tibet [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(4): 752-760]
- 肖传桃, 李艺斌, 胡明毅, 等. 藏北地区侏罗纪生物礁的发现及其意义[J]. 中国科学基金, 2000, 14(3): 178-182 [Xiao Chuantao, Li Yibin, Hu Mingyi, et al. Discovery and geologic significance of Jurassic organic reef in northern Tibet [J]. Chinese Science Foundation, 2000, 14(3): 178-182]
- 肖传桃, 李艺斌, 胡明毅, 等. 西藏安多县东巧晚侏罗世生物礁的发现[J]. 地质科学, 2000, 35(4): 501-506 [Xiao Chuantao, Li Yibin, Hu Mingyi, et al. Late Jurassic reefs in Dongqiao area of Anduo, Xizang(Tibet) [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(4): 501-506]
- 肖传桃, 姜衍文, 刘秉理, 等. 中扬子地区早奥陶世早中期 Batostoma 属的发现及其地质功能和生态学研究[J]. 科学通报, 1993, 38(14): 1314-1316 [Xiao Chuantao, Jiang Yanwen, Liu Bingli et al. A discovery of Batostoma genus of Early-Middle Age of Early Ordovician and a study on its geologic function and ecology in Middle Yangtze area [J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 38(14): 1314-1316]
- Xiao C, Li M, Yang W, et al. Palaeoecology of Early Ordovician reefs in the Yichang area, Hubei—A correlation of organic reefs between Early Ordovician and Jurassic [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(5): 1003-1015
- 肖传桃, 龚文平, 胡明毅, 等. 藏北地区中部侏罗纪生物地层学[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(4): 1-5 [Xiao Chuantao, Gong Wenping, Hu Mingyi, et al. Jurassic biostratigraphic sequence of central northern Tibet [J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 2004, 26(4): 1-5]
- 董得源, 汪明洲. 藏北安多一带晚侏罗世层孔虫的新材料[J]. 古生物学报, 1983, 22(4): 413-427 [Dong Deyuan, Wang Mingzhou. New materials of the Upper Jurassic stromatoporoids in the Anduo county of North Xizang [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1983, 22(4): 413-427]
- 汪明洲, 董得源. 藏北东巧层孔虫[J]. 古生物学报, 1983, 23(3): 343-348 [Wang Mingzhou, Dong Deyuan. Stromatoporoids from the Dongqiao Formation in Northern Tibet [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1983, 23(3): 343-348]
- Hudson R G S. Jurassic Stromatoporoids from the Lebanon. J. Paleont. 1954a, 28, 657-661
- H. Yabe, T. Sugiyama. Jurassic Stromatoporoids from Japan. Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ. Japan Ser. 1935 2(14): 4-56
- Hudson R G S. Tethyan Jurassic Stromatoporoids Stromatopora, dehornella and Astroporina [J]. Palaeontology, 1960, 2(2), 180-199
- Kopaska-Merkel D C, Schmid, D U. New bioherm-building tubular organism in Jurassic Smackover Formation, Alabama: Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies, 1999b, 49: 300-309
- Fursich F T, Werner W. Palaeoecology of calcisponge-coral meadows from the Upper Jurassic of Portugal. - Palaeontol. Z., 1991, 65, 35-69, Stuttgart
- Kano A, Kakizaki Y, Takashima C et al. Facies and depositional environment of the uppermost Jurassic stromatoporoid biostromes in the Zagros Mountains of Iran. GFF 2007, 129: 107-112
- Reinhold R. Leinfelder, Felix Schlagintweit, Winfried Werner, et al. Significance of stromatoporoids in Jurassic reefs and carbonate platforms-concepts and implications [J]. Facies, 2005, 51: 287-325
- Akihiro Kano, Yoshihiro Kakizaki, Chiduru Takashima, et al. Facies and depositional environment of the uppermost Jurassic stromatoporoid biostromes in the Zagros Mountains of Iran. GFF 2007, 129: 107-112
- Kershaw S, Keeling M. Factors controlling the growth of stromatoporoid biostromes in the Ludlow of Gotland, Sweden [J]. Sediment Geology, 1994, 89: 325-335
- Eric Fookes, Geneva. Development and eustatic control of an Upper Jurassic reef complex (Saint Germain-de-Joux, Eastern France) [J]. Facies, 1995, 33: 129-150
- Markus Jank, Andreas Wetzel, Christian A. Meyer. Late Jurassic sea-level fluctuations in NW Switzerland (Late Oxfordian to Late Kimmeridgian): closing the gap between the Boreal and Tethyan realm in Western Europe, Original Article Facies 2006, 52: 487-519

## Study of Palaeoecology of Middle Jurassic Reefs in Suoxian and Baqing area of Northern Tibet

XIAO Chuan-tao LIU Cheng YE Ming CHEN Ken AI Jun FAN Jun

(Key Lab of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources( Yangtze University) ,  
Ministry of Education , Wuhan 430100)

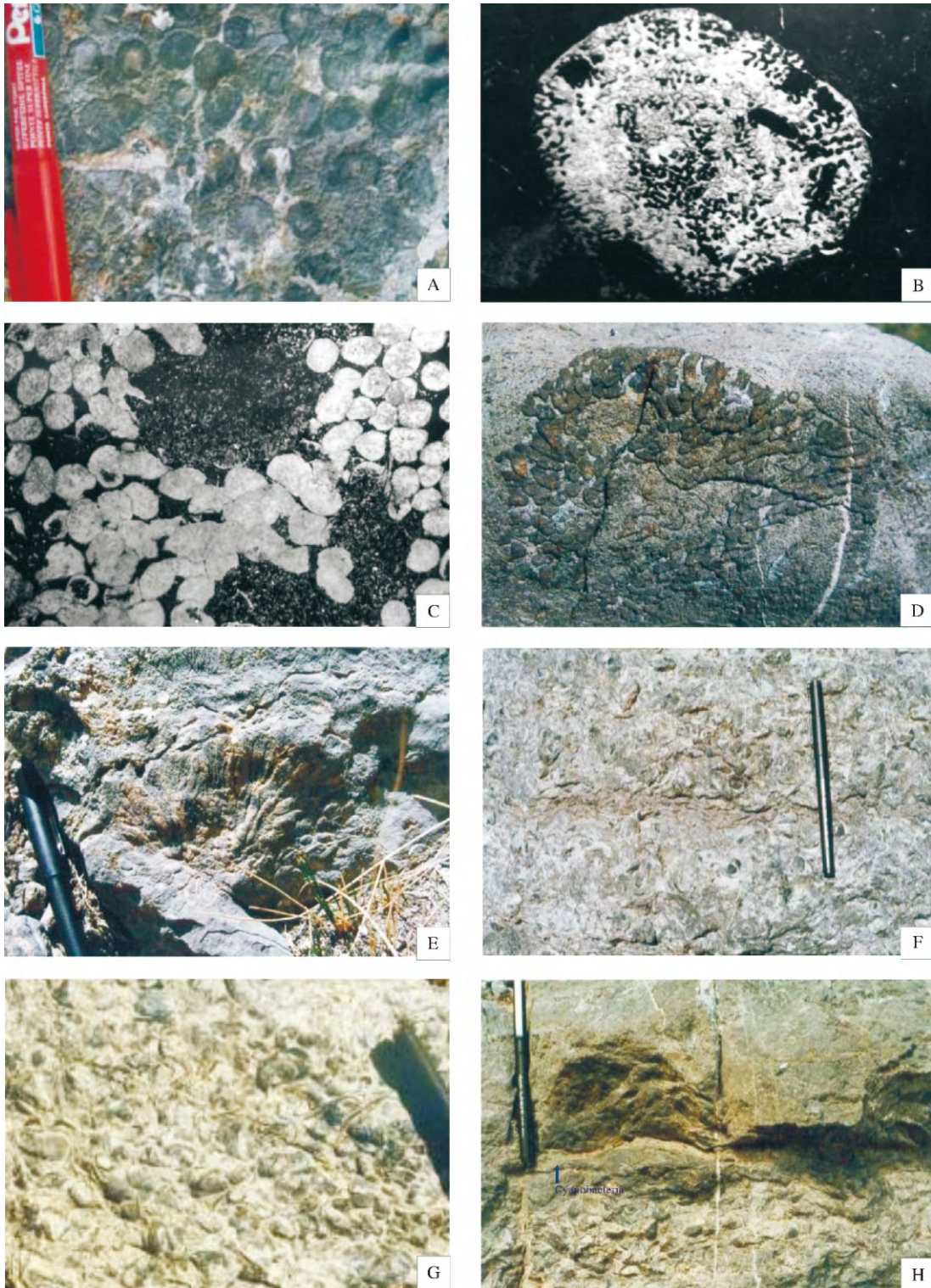
**Abstract:** Suoxian and Baqing county are located in the south side of Tangula mountain and belong to the Qiangtang stratigraphic area. However, Liuwan Formation of Suoxian and Buqu Formation of Baqing are especially characterized by a lot of organic reefs. Reef-building organisms are chiefly hexacorals *Schizosmilia*, *Stromatoproids* *Parastromatopora* and Bivalve *Liostraea*. The reef-building organisms mentioned above are majority preserved at the original growth state, which all require warm, clean and normal shallow water environment with abundant light and better circulation.

Through the study of individual ecology and analysis of assembled of reef-building organisms, five reef-building communities are recognized, namely *Schizosmilia-Parastromatopor*, *Parastromatopora*, *Schizosmilia*, *Liostraea* and Cyanobacteria-*Liostraea* community. Among these five reef-building communities, First three communities formed reef-building community evolutionary sequence of Suoxian county area, while, *Liostraea* and Cyanobacteria-*Liostraea* community made up reef-building community evolutionary sequence of Baqing county area. Community evolution research indicates that it exists two kinds of community evolution in the studying areas, the first one is community succession that mainly developed in reefs of Liuwan Formation at Suoxian county, the second one is community replacement that developed in reefs of Buqu Formation in Baqing county.

The developing characteristic of biological reef and the way of building reef are also expounded in this paper, it is thought that there three ways of building reef such as frame-making, baffling and bind-baffling. Among these three reef-building, frame-making, baffling are developed in reefs of Liuwan Formation at Suoxian county, baffling and bind-baffling are seen in reefs of Buqu Formation in Baqing county. The authors hold that the existenc of reef communities is of great significance for further study of merging time of Bangongcuo-Nujiang River suture zone. The authors consider that oceanic crust subduction time of middle-east Bangongcuo-Nujiang River suture zone( ie. Suoxian and Baqing county region) should be in early age of Middle Jurassic or before the deposition of Liuwan Formation of Middle Jurassic. The existence of reef communities of Middle Jurassic showed that the study area may belong to a part of shallow continental shelf of the remaining back-arc basin after Bangongcuo-Nujiang River oceanic crust subduction.

**Key words:** organic reefs; paleoecology; way of reef-building; Middle Jurassic; Northern Tibet





图版 I 说明: A、B. *Parastromatopora memoria ~ naumanni* 横切面。A. 索县中侏罗统桑卡拉侏组层孔虫障积岩岩。B. 显微照片, ×3 横切面。C、D. *Schizosmilia rollieri* C. 显微照片, ×3 横切面 D. *Schizosmilia rollieri* 障积岩, 索县中侏罗统桑卡拉侏组。E. *Schizosmilia rollieri* 索县中侏罗统桑卡拉侏组。F、H. *Liostrea* 障积岩, 野外照片, 巴青马如布曲组。G. *Cyanobacteria-Liostrea* 黏结—障积岩, 野外照片, 巴青马如布曲组