

滇东曲靖泥盆纪珊瑚礁的特征及其研究意义^{*}

洪天求

(合肥工业大学资环系, 合肥 230009)

戴清明

(昆明工学院国土系, 昆明 650093)

提要 滇东曲靖桃园村东山中、晚泥盆世发育珊瑚礁。群体珊瑚是主要的造礁生物。其代表分子是 *Hexagonaria*, *Disphyllum* 和 *Neosyringopora*。在礁区 4 种微相类型清晰可辨。造礁生物及微相类型的空间分布表明桃园村东山礁体曾经历过 3 个演化阶段。水深是控制礁体发育的主要环境因素。

关键词 珊瑚礁 碳酸盐岩微相 中晚泥盆世 滇东曲靖

1 前言

泥盆纪是地史上重要的生物造礁时期之一。形成于这一时期的生物礁广泛分布于欧洲、北美、澳大利亚、非洲西北部和亚洲(Hong, 1992)。礁灰岩因其具有较高的孔隙度和良好的渗透性而成为重要的油气储集场所。此外,生物礁的形成、发展史客观地反映了造礁区的生物及环境条件的演变。因此,全面而系统地研究古代和现代的生物礁不仅具有经济学意义,而且对于探讨生物界的演化乃至地史上全球环境演变均具有重要的理论意义。

我国西南地区在中、晚泥盆世时曾发生过较大规模的海侵(陈代钊等, 1994),海相沉积物,尤其是碳酸盐岩广泛分布,局部地区具有良好的成礁环境。近十多年来已在湖南、广西、贵州等地发现了一系列泥盆纪的生物礁(谢孚考等, 1984;杨开济, 1986;谭代有, 1991)。从形成时间看,中、晚泥盆世是重要的造礁期。但在滇东地区至今尚未见有此类正式报道。

笔者在滇东曲靖地区进行野外地质调查时,首次在该地区发现泥盆纪的珊瑚礁。虽然礁体规模不大,但特征明显,具有重要的研究意义。

2 生物礁的基本特征

本文讨论的生物礁位于滇东曲靖市以东约 10km 的桃园村东山(插图 1)。礁核露头长约 11m,宽约 6m,厚近 2m。在地貌上呈一明显的丘状隆起(图版 1,图 1)。出露地表的礁架保存完好,从几何形态看,属丘状礁(bioherm),造礁生物由巨大的块状四射珊瑚和床板珊瑚组成。群体珊瑚的最大直径为 70—80cm(图版 1,图 2)。其含量达 80%左右。代表分子是 *Hexagonaria*, *Disphyllum* 和 *Neosyringopora*。常见的住礁生物为腕足动物、单体四射珊瑚、棘皮动物和苔藓虫等。

礁核下伏岩层(礁基)为富含单体四射珊瑚(*Pseudomicroplasma*)、腕足动物(*Stringo-*

^{*} 国家教委留学基金资助项目。

cephalus burtini)和棘皮动物的粒泥灰岩,上覆岩层(礁盖)为中厚层的床板珊瑚(*Thamnopora*)障积岩。

3 微相类型

根据野外观察和镜下研究,在曲靖桃园村东山珊瑚礁体及其相邻的岩系中可区分出4种微相类型:

1)含石英碎屑的生物粒泥灰岩(bioclastic wackestone with quartzes)

这种微相分布于礁体的基部。异化粒由生物体和碎屑石英组成。生物体中单体四射珊

插图1 华南地区中、晚泥盆世古地理图(据陈代钊等,1994简化)

Middle—Upper Devonian paleogeographic outline of Southern China

(according to Chen Dai-zhao and Chen Qi-ying, 1994 modified)

五星符号代表礁体露头 (the star represents the reef outcrop studied)

1 古陆;2 浅海陆棚区;3 半深海区;4 深海区

瑚 *Pseudomicroplasma* 多数保存完整,少数外壁破损,局部含量达30%左右。此外,可见少数保存完好的腕足动物,其代表分子是 *Stringocephalus burtini* 和 *Atrypa* sp.。其它生物体多有不同程度的破碎,可以辨认的类别是棘皮动物、三叶虫(?)和介形虫,它们的含量约

10%左右。碎屑石英呈三角形、多角形或浑圆形,大小不一(直径2—5mm),分布不均匀,其含量约5%。

基质由微晶方解石组成,局部有重结晶现象,其含量达60%至70%左右。因此,该微相呈清晰的灰泥支撑结构。基质中可见清楚的生物扰动痕迹。

上述特征表明,该相形成于水动力较弱的浅海台地区。在这里生活着以单体四射珊瑚、腕足类和棘皮动物为代表的底栖动物群,较为安静的水体环境使微晶方解石基质得以沉淀、保存,少量碎屑石英的存在表明沉积区离古陆较远,受其影响微弱。

2) 生物砾屑灰岩(bioclastic rudstone, 图版 1, 图 3)

这种微相类型分布于礁缘区,与礁周围的生物碎屑泥灰岩呈齿状交错接触。砾屑大小不一,直径一般为10—30cm,主要由破碎的块状四射珊瑚组成。此外,可见棘皮动物、腕足动物和单体四射珊瑚。生物碎屑的含量达60%至70%,它们的边缘可见泥晶化现象。基质为亮晶方解石,其含量约30%左右。因此,这种微相呈颗粒支撑结构。

生物砾屑灰岩相通常形成于水动力较强的礁缘,特别是礁前环境中。在那里强烈的水运动使礁体崩塌破碎,形成砾屑,堆集于礁前区。生活在礁前区的棘皮动物、腕足动物等也因强烈的水运动而破碎,形成大小不一的生物碎屑。生物碎屑间的微晶方解石基质也被动荡的水体波扬带走,所留空隙被亮晶胶结物所充填,从而形成了清晰的颗粒支撑结构。

3) 珊瑚骨架岩(coral framestone, 图版 1, 图 1, 2)

该相组成礁体的核心。它主要由原地保存的块状四射珊瑚和床板珊瑚骨骼组成。珊瑚含量达80%左右。其主要分子是 *Hexagonaria*, *Disphyllum* 和 *Neosyringopora* 等。珊瑚体保存完好,局部可见咬痕或钻孔痕迹。基质为亮晶方解石,充填在珊瑚骨架之间或之中。其含量仅达20%左右。

微相特征表明,珊瑚骨架岩形成时,该区水体不深,气候温暖,强烈的水运动带来了大量的氧气和食物,使群体珊瑚动物极为繁盛,形成坚硬的骨架,构成礁体的核心。

4) 床板珊瑚障积岩(tabulate bafflestone, 图版 1, 图 4)

这种微相分布于礁核的顶部,厚约1m,主要由枝状或棒状的床板珊瑚(*Thamnopora*)组成,其含量达60%左右。其它生物为苔藓虫、棘皮动物、腕足动物和介形类。其含量小于10%。*Thamnopora* 保存较为完整,杂乱堆集,无分选性或定向排列现象。基质为微晶方解石,其含量约30%左右。

上述特征表明床板珊瑚的骨骼属原地堆积,其空隙又为微晶方解石所充填,这说明该相形成于水体较深的环境中,因为床板珊瑚的纤弱结构不适合于生活在水体较浅的动荡环境中,微晶方解石基质也只有相对安静的水体中才得以保存。

4 珊瑚礁的演化

以上述4种微相类型的特征和分布为基础,结合珊瑚的类别和形态变化,可以大体上恢复桃园村东山珊瑚礁的演化历史。具体地说,该礁体的发展可以分为3个阶段(插图2):

1) 初殖阶段(stabilization)

这个阶段以微相类型1为代表。保存在该相中的腕足动物化石 *Stringocephalus burtoni* 表明初殖阶段开始于中泥盆世晚期的吉维特期(Givetian)。这时在曲靖地区碳酸盐岩台

地已经形成,良好的生态环境为腕足动物、单体四射珊瑚和棘皮动物的定居并大量繁盛创造了条件。它们在该区的大量出现使生物沉积作用增强,从而导致了台地内碳酸盐岩隆起的形成,为群体珊瑚的繁殖,乃至珊瑚的形成奠定了基础。

2)繁殖阶段(diversification)

该阶段以微相类型 2 和 3 为代表。在初殖阶段形成的碳酸盐岩隆起上定居了群体四射珊瑚,有利的生活环境,如良好的水循环带来大量的食物和氧气,清洁的水体和合适的水深与水温使四射珊瑚极度繁盛,类群分异度增大。巨大的珊瑚骨骼构成坚硬的礁架,并出现清楚的相分异,即礁核和礁缘之分。

造礁珊瑚 *Hexagonaria hexagona* 的出现表明,繁殖阶段可能开始于晚吉维特期,鼎盛于晚泥盆世的弗拉斯期(Frasnian)。

3)衰亡阶段(dead phase)

该阶段以微相类型 4 为代表。这时在曲靖地区随着水体的加深,生活环境也发生了变化,群体四射珊瑚的繁殖受到抑制,礁的发育也宣告结束。相反,相对宁静的较深水环境为枝状床板珊瑚的大量繁盛提供了条件。它们利用有利的生活环境迅速发展,在数量上达到了顶峰,成为占主导地位的生物。厚达 1m 左右的障积岩的存在就是这种环境的真实写照。

由于缺乏可靠的化石依据,衰亡阶段的精确时间难以确定。根据微相 1 和礁核中所产的腕足动物和四射珊瑚化石推测,该阶段很可能发生于中、晚弗拉斯期。

插图 2 曲靖桃园村东山珊瑚礁的演化模式

Evolutionary pattern of the studied reef in Qujing, Eastern Yunnan

5 古生态学

5.1 生物分布于微相之间的关系

剖面上生物群的不同组合和微相特征表明,桃园村东山礁体及其相邻岩系中的生物的分布与微相类型之间存在着密切的关系;巨大的块状四射珊瑚、块状床板珊瑚仅局限于礁核

相中;棘皮动物、单体四射珊瑚、腕足动物、苔藓虫主要分布于礁缘相中;以腕足动物和单体四射珊瑚为主的动物群则在浅水台地相中(礁基)占主导地位;以枝状或棒状床板珊瑚为代表的动物群几乎仅见于较深的台地相(礁顶)中。据此,可以划分出3个生物群落:礁基群落、礁群落和礁顶群落。随着时间的推移,群落分子由以单体四射珊瑚和腕足动物为主依次演变为以群体四射珊瑚和枝状床板珊瑚为主,珊瑚体的形态由单体演变为块状复体,进而又发展为枝状复体,它们的身体结构由坚硬变为纤弱。生物群落在空间分布上的这些变化实际上反映了生态环境的更替。

5.2 礁群落

我们把生活在礁区的所有生物视作一个生物群落,即礁群落。曲靖桃园村东山造礁生物化石的保存特征表明其为原地埋葬。因此,它们可以大体代表原来生活着的礁群落,尽管我们实际观察到的只是化石群落,而且它们仅能反映原生群落的部分特征。利用形态功能分析法,可以把桃园村东山礁群落内的生物分成4大类(Fagerstrom, 1987):造架者、障积者、住礁者和破坏者。其中群体珊瑚最为重要,它们既是造架者,又是障积者,而且数量众多(约占70%—80%左右)、分异度高。它们构成极好的、至今仍清晰可辨的生物骨架(图版1,图1,2)。住礁生物为棘皮动物、单体四射珊瑚、腕足动物和苔藓虫,它们的数量不多(约20%左右),生活在礁架之间,与造礁生物和睦共处,各得其所。毁礁生物为鱼类和钻孔生物等,它们的数量极少,但对礁的破坏作用不可低估。

根据Logan(1969)及Embry和Klovan(1972)的研究,这种生物组合可以出现在海平面与水深达9m之间的区域中,即波基面之上。微相2和3的环境分析结果证明这种推测是可能的。

由上述可知,桃园村东山礁群落的生物组合、生物功能和生活环境与礁基和礁顶生物群落具有明显的不同。这种差异,即生物群落的演替为分析该区环境的变迁提供了可靠的信息。

6 古环境

中泥盆世晚期(Givetian)至晚泥盆世早期(Frasnian)滇东地区位于康滇古陆以东的浅海陆棚碳酸盐台地区(插图1)。这里水体不深,生物繁盛,碳酸盐沉积速率高,局部地区形成了碳酸盐岩隆起。有利的古地理位置及良好的生活条件,使珊瑚动物,尤其是群体珊瑚来此定居,并大量繁殖,从而形成了一系列规模不等、形态各异、由不同造礁生物组成的生物礁。曲靖桃园村东山珊瑚礁体就是其中之一。在礁架之间栖息着单体珊瑚、腕足动物、棘皮动物和苔藓虫等住礁生物。随着水体的加深,造礁生物因对环境的不适应而被其它生物所替代。这表明,在造礁区水深是控制生物礁发育的主要因素。

现代海洋里的珊瑚礁十分繁盛,但其分布范围一般都局限于南北纬30度之间。根据McKerrow和Scottese(1990)的研究成果,我国西南地区在中、晚泥盆世时正好位于当时的赤道区附近,即北纬30度区内(插图3)。这种古环境条件无疑有利于珊瑚礁的发育。因此,我们完全有理由推测,滇东地区与广西、湖南、贵州一样,中、晚泥盆世时曾发育一系列的生物礁,桃园村东山珊瑚礁不过是其中之一而已。

7 结语

1)以 *Hexagonaria*, *Disphyllum* 为代表的群体四射珊瑚和以 *Neosyringopora* 为代表的床板珊瑚是曲靖桃园村东山珊瑚礁中的主要造礁生物。

2)根据在礁基和礁核中发现的 *Stringocephalus burtini* 和 *Hexagonaria hexagona* 等化石推测,桃园村东山珊瑚礁主要繁盛于中泥盆世晚期(晚吉维特期)和晚泥盆世早期(弗拉斯期)。

3)微相4的形成环境表明,研究区礁体的衰亡是由于海平面的上升,即海水的加深所引起。

4)群落演替的特征表明,在有利于生物礁发育的区域,水深是控制造礁生物的兴起与消亡的主要因素。

插图3 中、晚泥盆世古赤道分布图(据 McKERROW and Scottese, 1990 简化)

Paleoequator of Middle-Upper Devonian (according to McKERROW and Scottese, 1990 modified)

黑三角代表我国西南地区(the black triangle=Southwest China)

5)曲靖桃园村东山珊瑚礁的发现说明,与西南其它地区一样,滇东地区中、晚泥盆世也是重要的造礁期。由此可以预言,随着地质研究工作的深入,在滇东地区将会发现新的泥盆纪的生物礁。这对在该区寻找油气资源以及相关的硫化金属矿床,探讨地史上生物演化与全球环境变迁之间的关系具有极其重要的意义。

本项目在野外和室内研究过程中曾得到合肥工业大学资源与环境科学系刘因副教授、钱俊和陈通先生的大力支持和帮助。在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

杨开济, 1986: 湘西中、上泥盆统礁特征及其找矿意义. 地球科学, 11(1): 21-31.

陈代钊、陈其英, 1994: 华南泥盆纪沉积演化及海水进退规程. 地质科学, 29(3): 246-255.

谢孚考、吕海安, 1984: 广西泥盆纪生物礁的时空分布及找矿意义. 岩相古地理研究与编图通讯, 6: 1-6.

- 谭代友, 1991: 贵州紫云县猴场翁刀湾红藻礁特征. 天然气勘探与开发, **3**:79—84.
- Embry, A. F., and Klovan, E. J., 1972: Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geol. Res.* **61**: 672—686.
- Fagerstrom, J. A., 1987: The evolution of reef communities. John Wiley and Sons Co., New York.
- Hong, T. Q., 1992: Mikrofazies, Palaeobiologie und Palaeoekologie im nordoestlichen Teil des Briloner Riffkomplexes (Mittel- und Oberdevon) im Ostsauerland, Deutschland. Verlag Shaker, Aachen.
- Logan, B. W., 1969: Carbonate Sediments and Reefs, Yucatan Shelf, Mexico. AAPG, Memoir, **11**:1—198.
- McKERRROW, W. S., and Scottese, C. R. (eds), 1990: Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography. *Geol. Soc.*, London, Memoir, **12**:257—265.

[1996年8月25日收到]

DEVONIAN REEF IN QIJING REGION, EASTERN YUNNAN: ITS CHARACTERISTICS AND SIGNIFICANCE

Hong Tian-qiu

(Department of Resources and Environment Science,
Hefei University of Technology, Hefei 230009)

Dai Qing-ming

(Department of Land-Planning, Kunming
Institute of Technology, Kunming 650093)

Key words coral reef, carbonate microfacies, Devonian, Qujing, eastern Yunnan

Summary

A Middle—Upper Devonian reef was found at Dougshan of Taoyuan Village near Qujing town of eastern Yunnan, with well-preserved colonial corals as reef-building organisms represented by *Hexagonaria*, *Disphyllum*, and *Neosyringopora*. In the reef district four microfacies types may be recognized as bioclastic wackestone with quartzes, bioclastic rudstone, coral framestone and tabulate bafflestone. The spacial distribution of reef-building organisms and microfacies shows that the studied reef had gone through three evolutionary (stabilization, diversification and extinction) stages. Its development depended on the paleoenvironment, especially on the water depth at that time.

图版 I 说明

图版中的照片均摄于云南曲靖桃园村东山。化石标本均保存在合肥工业大学资源与环境科学系。

1. 曲靖桃园村东山丘状珊瑚礁露头, 骨架岩和礁缘砾屑清晰可辨。
2. 珊瑚骨架岩(coral framestone, 图 1 的放大), 巨大的块状四射珊瑚 *Hexagonaria hexagona* 为主要的造礁生物。
3. 砾屑灰岩(rudstone), 块状四射珊瑚构成砾屑的主要成分。
4. 床板珊瑚障积岩(tabulate bafflestone), *Thamnopora* sp. 数量众多, 杂乱堆集, 应为原地保存。