

## 现代珊瑚礁沉积特征及沉积模式综述 及其对古老生物礁油气藏的指示意义

易娟子<sup>1</sup> 王泽罡<sup>2</sup> 陈守春<sup>1</sup> 周小艺<sup>2</sup> 刘 菲<sup>1</sup> 黎 冰<sup>2</sup>  
徐 露<sup>1</sup> 牟世豪<sup>2</sup> 罗妮娜<sup>1</sup> 敖 翔<sup>2</sup> 程柑溶<sup>2</sup>

1. 中国石油西南油气田分公司重庆气矿, 重庆;  
2. 重庆科技大学, 重庆

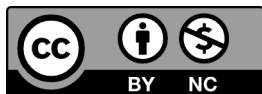
**摘 要** | 生物礁作为造礁生物与附礁生物原地堆积形成、兼具抗浪结构与正向地貌的海相碳酸盐沉积体, 其沉积特征与模式是分析地质演化、指导油气资源勘探的关键依据。本文以“服务古老生物礁油气藏勘探”为核心目标, 采用文献调研法结合现代珊瑚礁岩石学特征分析, 系统开展研究。通过梳理伯利兹大堡礁、澳大利亚大堡礁、西沙群岛宣德环礁与太平洋礁区典型现代珊瑚礁案例, 明确了生物礁格架岩(造礁生物骨架主导)、障积岩(生物残体拦截沉积物)、粘结岩(藻粘结作用驱动)的分类依据与定量划分标准; 揭示了现代珊瑚礁“礁基-礁核-礁盖”的垂向沉积序列, 并结合水动力条件与古地貌背景, 建立了岸礁、堡礁、环礁等典型沉积模式; 总结出现代珊瑚礁生物组合(珊瑚-藻-附礁生物)与水动力环境的耦合关系及相带展布规律。研究表明, 现代珊瑚礁的岩石学分类体系、垂向序列特征及沉积模式, 可通过“将今论古”类比, 为古老生物礁储层岩性识别、物性预测及成藏条件评价提供现今实例参照; 其相带展布规律与水动力响应机制, 能进一步指导古老生物礁油气藏的有利勘探区圈定, 为海相碳酸盐岩古老礁滩体油气勘探提供理论支撑与实践依据。

**关键词** | 现代珊瑚礁; 沉积特征; 沉积模式; 古老生物礁油气藏

Copyright © 2025 by authorx (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



现代珊瑚礁作为海相碳酸盐岩沉积体系的典型代表, 不仅是记录古海洋环境演化的“天然地质档案”, 更是衔接现代沉积学与古老礁滩体油气勘探的核心纽带。全球60%以上的海相碳酸盐岩油气藏与礁滩体直接相关(Adams et al., 1950; 范嘉松, 1996; 张宝民,

2009), 而现代珊瑚礁完整保存的“生物-沉积-成岩”连续过程, 可为古老生物礁油气藏的储层识别、物性预测提供关键类比依据。现代珊瑚礁(伯利兹大堡礁、澳大利亚大堡礁、西沙群岛宣德环礁、太平洋礁区)已成为当前全球研究热点, 且相关成果已支撑多区域勘探实

基金项目: 重庆市自然科学基金面上项目“四川盆地绵阳—长宁裂陷槽中段构造—沉积演化与成因机制研究”(编号: CSTB2022NSQMSX1412)。

作者简介: 易娟子, 中国石油西南油气田分公司重庆气矿工程师, 研究方向: 油气地质学方面的综合研究。

文章引用: 易娟子, 王泽罡, 陈守春, 等. 现代珊瑚礁沉积特征及沉积模式综述及其对古老生物礁油气藏的指示意义[J]. 环境与资源, 2025, 7(2): 317-327.

<https://doi.org/10.35534/er.0702027>

破：如类比西沙群岛宣德环礁垂向沉积序列，在四川盆地开江—梁平海槽长兴组识别出优质礁相储层，油气储量超 $1.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，发现普光气田（郭旭升等，2020）；依托澳大利亚大堡礁相带模式，在滨里海盆地石炭纪礁体中预测有利区，已发现的5个油气田的可采油气储量 $66.814 \times 10^8 \text{t}$ （蒋晓光，2006；王力等，2021）。因此，系统剖析现代珊瑚礁沉积特征与模式，对深化古老生物礁油气藏勘探理论、指导海相深层油气突破具有重要实践意义。

关于生物礁的研究，Folk（1959，1962）首次提出基于岩石结构与成分的碳酸盐岩分类，将所有礁岩归入“Biolithite”大类，细分为22种以上类型；Dunham（1962）随后提出更简洁的体系，以岩石粘结程度划分，统一使用“Boundstone”术语指代所有礁岩，得到广泛采用；Embry和Klovan（1971）专门建立礁岩分类，将礁岩细分为格架岩（Framestone）、障积岩（Bafflestone）和粘结岩（Bindstone），并进一步将粒径 $> 2 \text{mm}$ 的礁岩划为砾屑岩（Rudstone）和漂浮岩（Floatstone）；Wright（1992）对该体系进行修订，简化为粘结岩、格架岩、障积岩三类，并定义了5类成岩岩类。针对沉积环境与相带，Wilson（1975）依据澳大利亚大堡礁形态划分“岸礁—堡礁—环礁”类型；Longman（1981）针对新生代以及现代珊瑚礁，系统界定了礁体主要相带类型；张明书等（1987）针对西沙群岛更新世和全新世珊瑚礁，将礁相划分为礁骨架相、礁顶相、礁坪相、礁后砂相、泻湖相、礁斜坡相及塌积岩相；Camoin等人（2012）论证了强潮汐、高频海平面变化背景下形成的多期叠合礁核结构，初步揭示“水动力强度—相带展布”的耦合机制。地质历史时期中的生物礁详细刻画，多采用基于地质野外露头的正演模型、地震反射形态及地震属性特征综合确定；但是，在古老生物礁油气藏的勘探中，现代珊瑚礁“将今论古”的指导意义有待进一步凸显。

本文以伯利兹大堡礁、澳大利亚大堡礁、西沙群岛宣德环礁、太平洋礁区为核心调研对象，通过系统文献梳理与数据整合，明确现代珊瑚礁格架岩、障积岩、粘结岩的定量划分标准，构建较为统一的“水动力—沉积序列—相带”模式。研究旨在完善现代珊瑚礁沉积理论，为古老生物礁油气藏的储层识别、成藏条件评价及有利区圈定提供科学依据，助力古老碳酸盐岩油气勘探高效突破。

## 1 区域地质概况

据全球珊瑚礁监测网（Global Coral Reef Monitoring Network, GCRMN）发布的2025年世界现今珊瑚礁报告（<https://gcrmn.net/2025-report/>），现今珊瑚礁主要分布在北纬 $30^\circ$ —南纬 $30^\circ$ ，东经 $30^\circ$ —西经 $30^\circ$ 之间，集中在亚热带—热带浅水区域，主要分为澳大利亚礁区、加勒比礁区、太平洋礁区、东亚礁区、南亚礁区、西印度洋礁

区、加勒比海伯利兹礁区、太平洋礁区。本文重点探讨伯利兹大堡礁、澳大利亚大堡礁、西沙群岛宣德环礁及太平洋礁区。

伯利兹大堡礁占全球珊瑚礁面积的0.3%，面积达 $960 \text{km}^2$ ，礁区分布在 $16^\circ 05' - 18^\circ 11' \text{N}$ ， $87^\circ 50' - 88^\circ 27' \text{W}$ ，仅次于澳大利亚大堡礁，是世界上第二大的堡礁型活珊瑚礁，也是西半球最长的珊瑚礁。伯利兹堡礁位于尤卡坦半岛沿岸一带，绵延300多公里，囊括了中美洲部分国家及伯利兹大部分的沿海水域。在堡礁外海存有400余个小岛礁以及一些环状珊瑚礁。

澳大利亚大堡礁的礁区约占全球珊瑚礁的16%，面积达 $41802 \text{km}^2$ ，是世界上最大的单一珊瑚礁综合体，不仅有着高度多样化的生态系统（3000多个单独的珊瑚礁，400种硬珊瑚），还有着标志性的大堡礁。这些珊瑚礁综合体沿着昆士兰海岸延伸2300多公里。

西沙群岛宣德环礁占全球珊瑚礁面积的0.7%，面积达 $1836.4 \text{km}^2$ 分布在 $15^\circ 47' - 17^\circ 08' \text{N}$ ， $110^\circ 10' - 112^\circ 55' \text{E}$ 之间，位于中国南海中北部，主要由永乐环礁、宣德环礁、东岛环礁和一些独立礁组成，永乐环礁位于西沙群岛的西部，由7个大小不一的珊瑚礁组成；宣德环礁位于西沙群岛的东北部，由西北向南延伸30km，沿东北向西南延伸约24km，由3个大小不一的珊瑚礁组成；东岛环礁位于西沙群岛的东部，整个环礁由东北向西南延伸超60km，沿西北向东南延伸近20km；独立礁主要由北礁、华光礁、盘石屿、玉琢礁、浪花礁、中建岛组成。

太平洋礁区占全球珊瑚礁面积的27%，面积达 $69424 \text{km}^2$ ，珊瑚礁主要分布在太平洋的中部、西部海域，位于 $30^\circ 13' \text{N} - 30^\circ 06' \text{S}$ ， $140^\circ 30' - 160^\circ 30' \text{E}$ 之间，拥有世界上最多样的生态系统之一，主要的珊瑚礁类型有：新喀里多尼亚堡礁、马绍尔群岛环礁、帕劳群岛洋岛堡礁等。

## 2 现代珊瑚礁岩石学特征

### 2.1 生物类型

全新世以来，生物礁体系中主要发育珊瑚、珊瑚藻、有孔虫、苔藓虫、贝类等生物，其中珊瑚和部分藻类成为主要的造礁生物，其余为附礁生物（图1）。

#### 2.1.1 造礁生物

造礁生物是指能够分泌碳酸盐或硅质骨骼，并在海底形成坚固支架、粘结或障积结构的生物。这类生物既包括能够直接构筑骨架的“造架生物”，也包括在骨架形成过程中起粘结、覆盖、稳固沉积物等辅助作用的“粘结/覆盖生物”。现今造礁生物主要包括珊瑚、珊瑚藻。

##### （1）珊瑚

珊瑚为现代生物礁的主要造礁生物，珊瑚含量通

常>50%，因此现代生物礁又被称为珊瑚礁。现今发现的造礁珊瑚主要为复体珊瑚，在各个层段发现多个种属，如柱状珊瑚、叶状珊瑚、千孔珊瑚、鹿角珊瑚、蜂巢珊瑚、滨珊瑚等，大多数呈原地生长的格架状，少数层段呈现碎片状，形态可见块状、长条状，彼此之间极少连通，当存在外力作用导致局部破碎而少量连通，格架内通常被高镁方解石和文石充填，局部可见有孔虫碎屑。

#### (2) 珊瑚藻

珊瑚藻是全新世以来最为重要的造礁生物之一，有多个种属。在珊瑚发育阶段，珊瑚藻就存在了，且随着珊瑚不断地向上生长，珊瑚藻会以缠绕的方式附着在珊瑚的表面，这大大增强了珊瑚的抗浪性。当藻类周围仅有少量珊瑚甚至没有珊瑚发育时，多种珊瑚藻类会相互粘结，将周围所及之处的物质都粘结在一起形成珊瑚藻粘结岩，有时可见内碎屑、有孔虫、贝类等生屑也被包裹其中。

#### 2.1.2 附礁生物

附礁生物是指生活在已有礁体骨架的间隙、表面或其周围的动物和植物，它们本身不直接参与礁体的垂直增高，但通过粘结、填充、稳固基底等方式，改善造礁生物的生长环境，提升礁体整体的结构强度和生态功能。现今附礁生物主要包括有孔虫、双壳类、等足目及多毛类等。

#### (1) 有孔虫

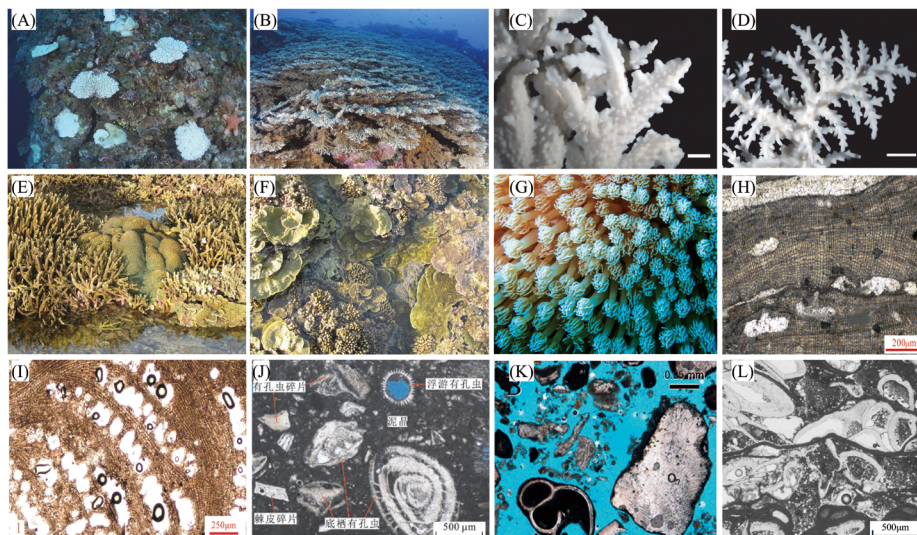
有孔虫是现代珊瑚礁中最重要的附礁生物，可分为底栖有孔虫和浮游有孔虫。绝大多数有孔虫属于底栖类，它们通常生活在底部，附着在珊瑚礁上，死后以自形或碎片的状态保存，常见的自形形态有圆形、椭圆形和纺锤形，分布在珊瑚礁粒间孔隙中。浮游有孔虫则常随着海浪四处漂流，死后常以自形保存，呈环状。两者在不同环境下常被泥晶方解石和文石胶结。

#### (2) 双壳类

双壳类通过足丝或厚壳直接附着在礁石、死珊瑚碎屑上，形成坚硬的“石砾层”，显著提升底质的抗浪能力；密集的贝壳群落在礁体表面形成复杂的三维结构，为小型鱼类、甲壳类和无脊椎动物提供庇护与觅食场所；作为滤食者，双壳类在水体中循环营养盐，帮助维持珊瑚礁的高初级生产力。

#### (3) 多毛类

多毛类在珊瑚礁表面或死珊瑚孔隙中大量聚集，摄食珊瑚组织、藻类及有机碎屑；其管状分泌物可钻入碳酸钙骨架，促进珊瑚骨骼的生物腐蚀与再沉积；作为重要的底栖饵料，多毛类为小型鱼类、海星、海胆等提供能量来源，支撑珊瑚礁高生产力的食物网；多毛类常栖息于珊瑚分枝、裂隙及死珊瑚碎砾的隐蔽空间，构成“隐居生物”群体，对礁体结构的微观改造具有显著影响。



(A) 鹿角珊瑚和柱状珊瑚(白色)，鹿角珊瑚构成了该区域上层弱光群落(30-60米)的重要组成部分，附礁生物为棘冠海星(*Acanthaster planci*)的捕食，澳大利亚(Great Detached Reef)北部(据 Paul Muir et al., 2015)；(B) 纤细枝珊瑚(*Acropora tenella*)，延伸深度为35至45米，澳大利亚(Great Detached Reef)北部(据 Paul Muir et al., 2015)；(C) 鹿角珊瑚，采集于40m水深，澳大利亚(Great Detached Reef)北部(据 Paul Muir et al., 2015)；(D) 鹿角珊瑚，采集于52m水深，澳大利亚(Great Detached Reef)北部(据 Paul Muir et al., 2015)；(E) 枝状鹿角珊瑚和滨珊瑚，永兴岛东北侧(据赵强, 2010)；(F) 荷叶珊瑚和鹿角珊瑚，永兴岛东北侧(据赵强, 2010)；(G) 柔软角孔珊瑚，南海群岛(据赛拉艾芙, 2020)；(H) 石叶藻，琛科2井，岩心薄片(据李银强等, 2017)；(I) 抱石藻属，琛科2井，岩心薄片(据李银强等, 2017)；(J) 有孔虫及其碎片，西科1井，新近系，岩心薄片(据商志全等, 2015)；(K) 软体动物(腹足类和双壳类)碎片，红海地区全新世，岩心薄片(据 D. Mark Steinhilber et al., 2021)；(L) 有孔虫与薄壳珊瑚藻共生，伯利兹大堡礁，岩心薄片(据 Eberhard Gischler et al., 2004)

图 1 现代珊瑚礁的造礁生物与附礁生物特征图

Figure 1 Characteristics of reef-building and reef-attached organisms in modern coral reefs



## 2.2 岩石类型

学者 (Embry & Klovan, 1971) 将生物礁的岩石类型划分为格架岩 (Framestone)、障积岩 (Bafflestone) 和粘结岩 (Bindstone), 在现代珊瑚礁的野外观察、岩心描述中被广泛应用。

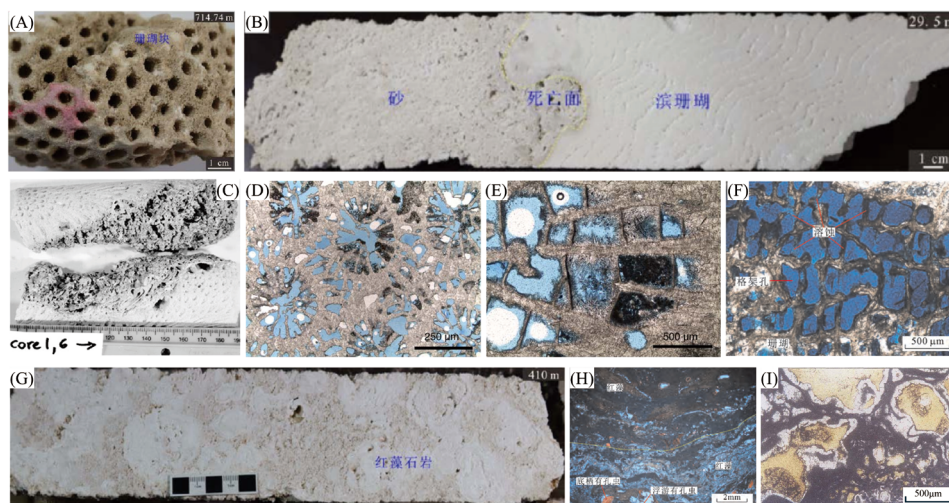
### 2.2.1 格架岩

现代珊瑚礁主要形成于全新世, 是由造礁珊瑚、附礁生物及藻类等生物的钙质骨骼在原地堆积而成 (图2)。其中, 珊瑚礁占比超过90% (常洪伦, 2008), 是现代生物礁的绝对主体。

珊瑚格架岩主要是由造礁珊瑚群体原地生长后保存的完好珊瑚相互接触搭建格架形成, 具有坚韧抗浪性。这种格架岩能够形成三维立体的格架, 格架之间存在着大小不一的孔隙, 随着陆源碎屑物的补给, 这些孔隙成了砾石、砂屑和灰泥的天然储存场所, 此外, 多孔水螅体、海绵、有孔虫、贝类等生物也会生存在这种由珊瑚

建造的空间格架中, 部分珊瑚藻类则会以缠绕等方式与珊瑚共生, 随着珊瑚带动生物群落不断向上生长, 生物死后坚硬的钙质骨骼掉落在底部, 逐渐被掩埋, 形成了现今的珊瑚格架岩。

现代珊瑚格架岩主要由块状珊瑚、柱状珊瑚、叶状珊瑚、千孔珊瑚、鹿角珊瑚、掌状珊瑚、蜂巢珊瑚、滨珊瑚 (珊瑚含量 $\geq 30\%$ ) 和其他造礁生物组成。不同地区受温度、海平面升降等因素影响, 这几类主要造礁珊瑚的含量有所差异。西沙群岛现代珊瑚礁经历了三次快速发育阶段 (覃业曼, 2019), 均以发育块状珊瑚、鹿角珊瑚为主, 其次为滨珊瑚, 其中鹿角珊瑚的发育速率大于块状珊瑚, 砂质含量少, 粒径粗; 伯利兹大堡礁中所钻取的现今珊瑚礁岩心显示了其现代珊瑚格架岩主要由掌状鹿角珊瑚、环状珊瑚组成, 其次为叶状珊瑚和千孔珊瑚, 含少量的砂质和碎石; 澳大利亚大堡礁中部钻取的岩心显示, 其现代珊瑚格架岩主要由滨珊瑚、蜂巢珊瑚组成。



(A) 珊瑚格架岩, 蜂房珊瑚块, 琛科2井 (据李银强, 2022); (B) 珊瑚格架岩, 造礁生物为滨珊瑚, 后被砂泥覆盖, 导致死亡, 琛科2井 (据李银强, 2022); (C) 珊瑚格架岩, *Montastraea* sp., 伯利兹大堡礁, 岩心照片 (据 Eberhard Gischler et al., 2004); (D) 珊瑚格架岩, 横截面, 蓝色为孔隙, 伯利兹大堡礁, 岩心薄片 (据 Eberhard Gischler et al., 2009); (E) 珊瑚格架岩, 纵截面, 蓝色为孔隙, 格架边缘为次生针状文石胶结物, 伯利兹大堡礁, 岩心薄片 (据 Eberhard Gischler et al., 2009); (F) 珊瑚格架岩, 西科1井, 新近系, 薄片照片 (据商志垒等, 2015); (G) 红藻障积岩, 大量红藻石障积形成泥砂充填, 琛科2井 (据李银强, 2022); (H) 藻粘结岩, 西科1井, 新近系, 薄片照片 (据商志垒等, 2015); (I) 藻粘结岩, 西科1井, 新近系, 薄片 (据魏喜, 2006)

图2 现代珊瑚礁的岩石类型

Figure 2 Lithology of modern coral reefs

### 2.2.2 障积岩

现代珊瑚礁中主要的障积岩类型为珊瑚障积岩, 主要由原地生长的造礁珊瑚, 以鹿角珊瑚、掌状珊瑚、滨珊瑚居多的珊瑚细枝所搭建的细小珊瑚格架构成, 内部孔隙被珊瑚碎片、仙掌藻类颗粒和底栖有孔虫、苔藓虫等生物碎屑充填, 但这些碎屑物质很少结合在一起, 呈松散状 (图2)。与珊瑚格架岩不同的是, 组成障积岩的珊瑚含量更低, 且礁格架的粒径更细, 内部结构具有很强的非均质性, 沉积物分选性差, 原地生长的枝状、丛

状生物含量介于15%~30%。

### 2.2.3 粘结岩

粘结岩是由覆盖在坚硬基质表面的藻类分泌的有机物质, 将砂砾、砂屑、粉屑、生物碎屑、灰泥等粘结在一起以抵御强风浪对礁体的侵蚀 (图2)。

在现代礁体中, 藻类成了重要的礁体建造者 (李银强, 2022), 常见的粘结藻类有珊瑚藻和虫黄藻。虫黄藻能够进行光合作用, 为珊瑚提供能量和氧气, 珊瑚藻在发育过程中会因其自身的钙化作用和粘结作用形成珊瑚

藻类粘结岩以扩充、固结珊瑚礁体。由粘结作用形成的藻类粘结岩内部含有大量珊瑚碎屑、生物碎屑等,可以使藻类的根基更加稳定,抗风浪能力更强。通常被藻类粘结的碎屑物质分选性和磨圆度较差,会形成诸多大小不一的孔隙,孔隙会被粒度更细小的粉砂、泥充填,形成结核。此外,因受水动力等外部因素的影响,珊瑚藻的形态和藻属构成会有所差异,如水体由浅到深的过程中,枝状珊瑚藻会逐渐向皮壳状珊瑚藻演变,而在稳定且安静的水体中,会连续且独立地生长由珊瑚藻枝形成的藻团粒。

### 3 现代珊瑚礁沉积特征

全新世珊瑚礁形成的时间较短,固结程度较差,最早可追溯到菲律宾吕宋岛的9860年BP (Shen et al., 2010),最年轻的全新世珊瑚礁为大堡礁中部的帕尔马珊瑚礁的1300年 (Smithers et al., 2003),7000~9000年间发育的全新世珊瑚礁占总体的65%,所沉积的珊瑚礁体较薄,由于不同地区礁体距离海岸距离不一,地形以及所受海浪等外部环境因素差异会导致珊瑚礁的发育有所差异。

#### 3.1 科考井岩心特征

现代珊瑚礁的划分主要依靠浅层钻井所钻取的岩心开展。本文总结了前人在西沙群岛、伯利兹、澳大利亚中部和帕劳群岛的现今珊瑚礁钻井资料以及做的相关测年结果,选取了:CK-2井、BBR9井、BRITOMART-2井、PL-3井共计4口科学钻井开展纵向沉积序列对比研究 (图3),具体如下。

(1) CK-2井:CK-2井位于西沙群岛东南部,于2013年12月完成钻井取心,揭露的全新世珊瑚礁厚度为16.7m,16.7m上下存在明显的不整合面,向上为松散的珊瑚砾块和松散砂屑,固结程度差,向下为更新世的礁灰岩,固结程度较高。早期对南海南部钻孔的研究 (中国科学院南沙综合科学考察队,1992)表明,该不整合面可作为CK-2井全新世与更新世的分界面,同时,在靠近16.7m顶部所取珊瑚样品测年结果显示距今 $7584 \pm 55$ 年,为全新世时期的沉积物,底部所取珊瑚样品测年结果显示距今 $112700 \pm 700$ 年为更新世时期的沉积物,证实了该不整合面为全新世与更新世的分界面。CK-2井0~16.7m层段中发现大量鹿角珊瑚和块状珊瑚,其中鹿角珊瑚粗枝直径最大可达3cm,细枝直径约1cm,细枝部分以及礁杯等细小结构保存完整 (李银强,2022)。在0.2~6.75m、7.75~10m和11~16.7m层段珊瑚等砾屑含量均 $\geq 50\%$ ,鹿角珊瑚枝、块状珊瑚占主导地位;6.75~7.75m和10~11m层段珊瑚等砾屑含量约占20%,珊瑚含量较低,以松散的砂屑为主夹杂少量的珊瑚藻类、贝壳以及有孔虫等生物碎屑。

(2) BBR9井:BBR9井位于伯利兹大堡礁的西南部,研究人员先后沿着堡礁延伸方向钻取了BBR1~BBR11共计11口取心井 (E Gischler & J H Hudson, 2004),BBR9井揭露的全新世珊瑚礁厚度约为20.1m,向下为更

新世的礁灰岩,岩石固结程度高,在靠近20.1m处所选取的珊瑚样品测年结果显示距今约8040年,为全新世的沉积物,与CK-2井全新世底部测年结果几乎一致。BBR9井0~20.1m层段中发现了多套珊瑚格架岩和珊瑚藻粘结岩。在0~3.1m为珊瑚格架岩,顶部和底部由大量的掌状鹿角珊瑚组成,中部含少量的叶状珊瑚;3.1~10.7m、13.8~15.1m和16.8~18m层段为珊瑚藻粘结岩,叶状的*Millepora* sp.碎片和松散的砂、碎石被珊瑚藻和仙人掌藻 (*Halimeda* sp.)包裹,粘结程度高,10.7~13.8m、15.1~16.8m和18~20.1m均为珊瑚格架岩,主要由环状珊瑚组成,局部含少量掌状珊瑚和滨珊瑚。

(3) BRITOMART-2井:BRITOMART-2井位于澳大利亚大堡礁的中部 (Rhodes, 1981; David Johnson & Christopher Cuff, 1984),共计有BRITOMART-1、BRITOMART-2两口取心井,两井相距1200m,底部均钻至更新世的礁灰岩,BRITOMART-2井揭露的全新世珊瑚礁厚度约为25.5m,向下为更新世的礁灰岩,岩石固结程度高,在22.8m处所取的珊瑚样品测年结果显示距今 $8925 \pm 155$ 年,为全新世的沉积物。BRITOMART-2井0~25.5m层段中发现了较厚的珊瑚藻粘结岩、珊瑚障积岩和珊瑚格架岩。在0~5.1m层段为珊瑚藻类粘结岩,直径达6cm,发育多孔洞,含少量枝状、板状、块状珊瑚碎片,结壳物包括腹足类蠕虫、有孔虫、蛇足类和苔藓虫;5.1~9.6m和23.1~24m层段为珊瑚格架岩,由大量的蜂巢珊瑚 (*Diploastrea heliophora*)组成,上部覆盖有千孔珊瑚,其孔洞中覆盖着有孔虫、苔藓虫、蛇足类和少量珊瑚藻;9.6~23.1m和24~25.5m层段为珊瑚障积岩,其内部由更细的蜂巢珊瑚 (*Diploastrea heliophora*)、*Fungites* sp.、*Porites* sp.、分支珊瑚和少量的大型双壳类生物碎片组成。碎片上有珊瑚藻、苔藓虫以及有孔虫的结壳,由珊瑚构建的细小格架中,孔隙常被砂、灰泥等物质充填,未出现胶结现象。

(4) PL-3井:PL-3井位于西太平洋帕劳群岛 patchreefs 的中部,总计PL-1、PL-2、PL-3、PL-4、PL-5五口取心井,由西北向东南横跨整个帕劳群岛 (Easton and Olson,1976; Camoin et al.,1997)。PL-3井揭露的全新世珊瑚礁厚度约为24.1m,向下为更新世的礁灰岩,在靠近24.3m上部所取珊瑚样品测年结果显示距今约7970年为全新世的沉积物。PL-3井0~24.3m层段中发现较厚的珊瑚格架岩、珊瑚障积岩和珊瑚藻粘结岩。在0~9m层段为珊瑚格架岩,由大量滨珊瑚组成,间隙被生物碎屑和砾石充填含少量有孔虫、钙藻和软体动物。9~12.6m和21.8~24.3m层段为珊瑚藻粘结岩,该层段珊瑚碎片含量明显减少,仙人掌藻类 (*Halimeda* sp.)的含量增多,将生物碎屑、砂屑和少量泥包裹。12.6~21.8m为较厚的珊瑚障积岩,由大量的鹿角珊瑚细枝搭建的细小珊瑚格架和少量的仙人掌藻附着在其表面,格架间的孔隙被生物碎屑和部分粒度较细的砂和泥充填。

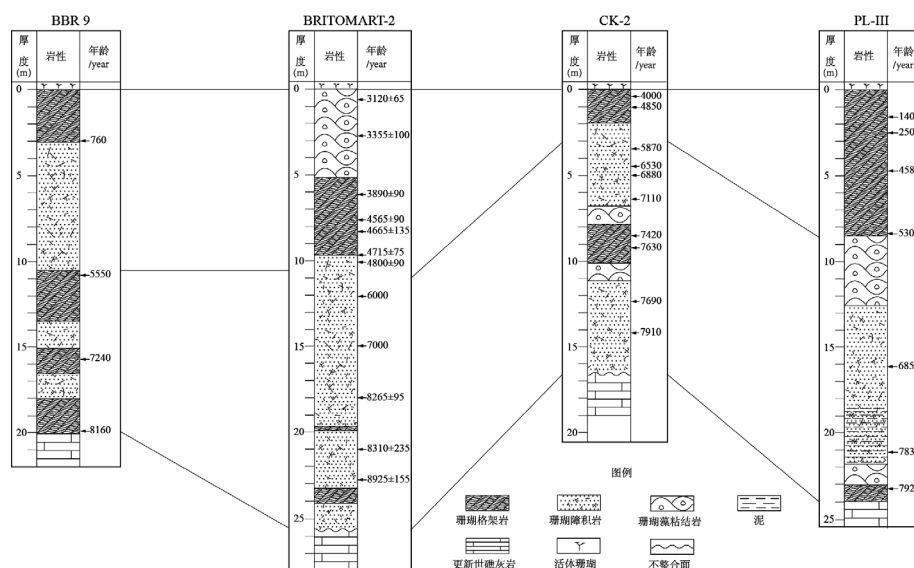


图3 现代珊瑚礁科考井岩心纵向分布特征

Figure 3 Vertical distribution characteristics of modern coral reef cores from scientific drilling

## 3.2 珊瑚礁特征对比

通过对伯利兹BBR9井、澳大利亚大堡礁中部BRITOMART-2井、西沙群岛CK-2井、帕劳群岛PL-3井共计四口取心井的岩性、测年结果进行对比分析, 共识别出礁核沉积微相。礁核是珊瑚礁的主体部位, 能够抵抗波浪的冲击, 主要原地生长的粗大珊瑚骨架构成格架以及大量藻类附着在粗大珊瑚格架表面或以粘结方式捕获周围松散的碎屑、砂屑等固结在一起, 珊瑚骨架间常被礁的破碎物充填组成珊瑚格架岩、珊瑚障积岩及珊瑚藻粘结岩。依据现今、距今5000年、距今8000年左右的三条等时线, 发现在礁核微相中, 纵向上存在多期骨架、障积及粘结作用组成的纵向叠置结构(图4)。

距今8000—5000年沉积时期, 伯利兹大堡礁整体以骨架夹障积造礁作用的快速沉积为主; 澳大利亚中部大堡礁主要以障积造礁为主, 中下部夹薄层骨架岩; 西沙群岛琛航岛主要发育障积、粘结及骨架造礁作用为主, 障积岩厚度最大; 帕劳群岛则发育骨架、障积以及粘结作用, 障积岩厚度较大, 其次为粘结岩和骨架岩。

距今5000—现今沉积时期, 伯利兹大堡礁主要发育厚层的障积岩, 顶部发育骨架岩; 澳大利亚中部大堡礁发育厚层骨架岩和粘结岩, 礁体垂向加积速率加快; 西沙群岛琛航岛珊瑚礁沉积水体变浅, 主要发育骨架岩, 底部有障积岩; 帕劳群岛中部珊瑚礁水体适合珊瑚礁生长, 主要发育厚层的骨架岩, 珊瑚礁纵向加积速率加快。

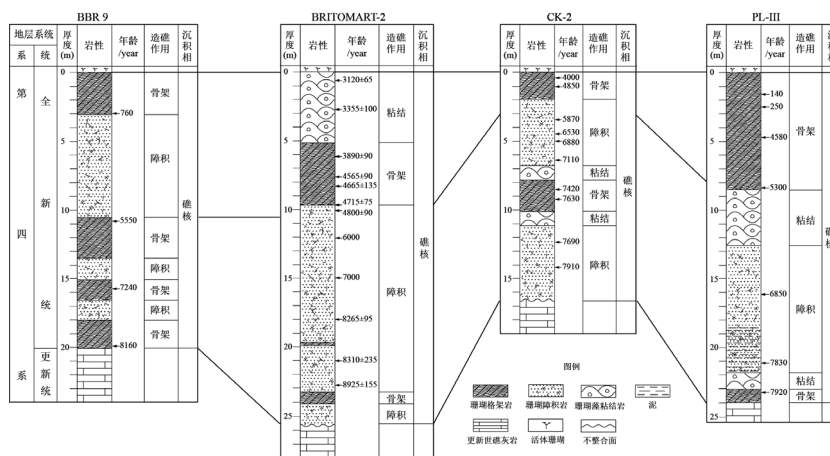


图4 研究区现代珊瑚礁沉积特征对比图

Figure 4 Comparison of sedimentary characteristics of modern coral reefs in the study area



## 4 现代珊瑚礁沉积模式

### 4.1 珊瑚礁的发育阶段

前人研究已指出,全新世珊瑚礁的起始发育时间应该是基本保持一致的,约在8300–7000年之间(Davies et al., 1985),且造礁珊瑚一般仅能生长在低潮面以下至水深几十米以内,珊瑚礁平台大体以低潮面至平均海面为其发育上限。例如,海南岛南侧全新世珊瑚礁的下限一般不超过水深8m,发育最好的在1~5m的范围内。

依据发育速度可划分为4个阶段(图5),分别为:

(1) 礁体开始萌发阶段:当珊瑚附着在基底上,且随着

海平面上升,形成适合珊瑚生长和礁体发育的浅水环境时,礁体开始发育。(2) 礁体快速加积阶段:该阶段海平面继续上升,可容纳礁体生长的空间增大,此时礁体快速发育,垂向生长的驱动力增强。(3) 礁体稳定生长阶段:该阶段海平面逐渐趋于稳定,可容纳礁体生长的空间缩小,珊瑚礁发育速率减缓,垂向生长的驱动力减弱,迫使珊瑚礁转变垂向生长模式,开始侧向生长。

(4) 礁体侧向加积阶段:此阶段,海平面不再上升甚至出现下降,礁体已完全丧失垂向发育空间,开始侧向迁移,这也导致礁体在迎风坡(向海面)与背风面(泻湖面)的侧向加积速率相差极大。

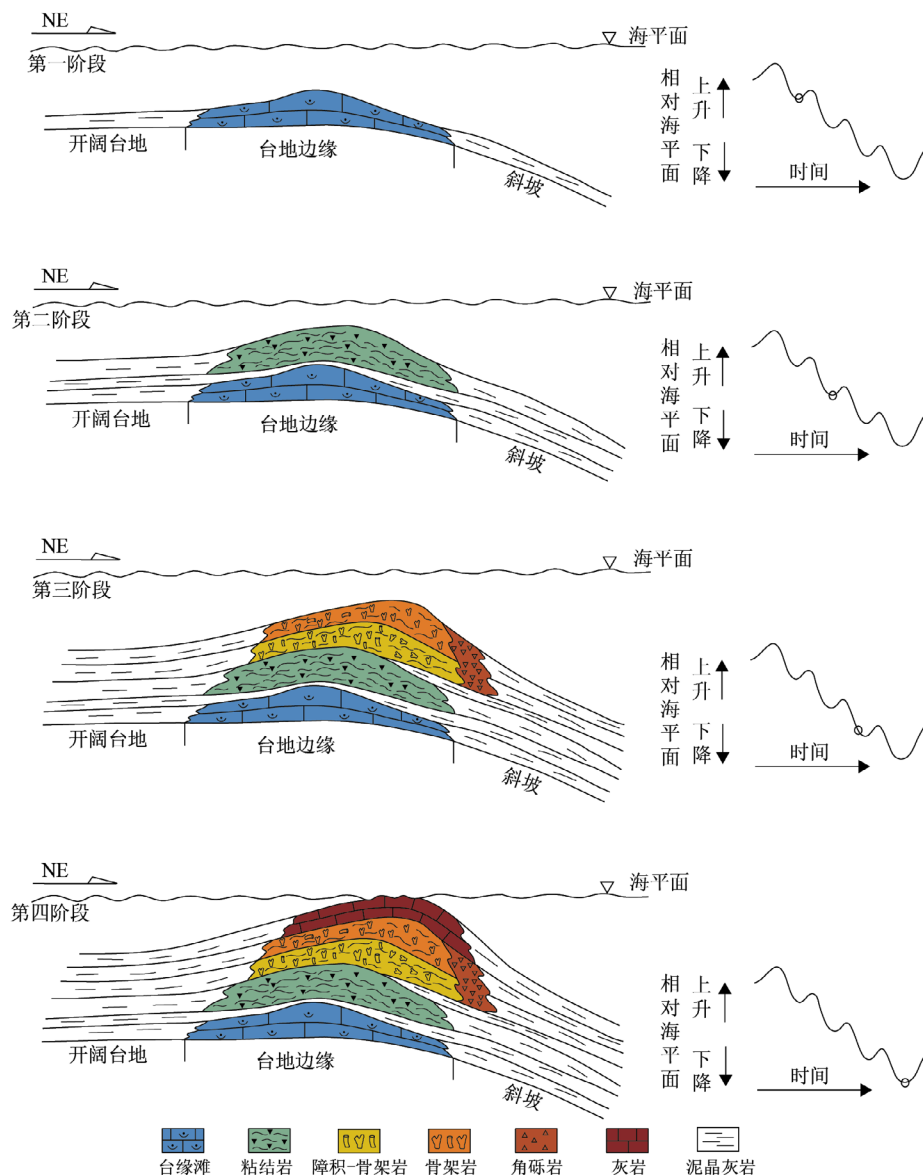


图5 现代珊瑚礁纵向发育模式(修改自胡明毅, 2012)

Figure 5 Vertical developmental patterns of modern coral reefs (Modified after Hu Mingyi, 2012)

除了以上的划分方式, Davies和Montaggioni在1985年针对不同的珊瑚礁划分出了三个典型类型, 即保持型、追赶型和、和放弃型。随着技术的成熟和方法的不断优化, Woodroffe和Webster在Davies和Montaggioni的基础上将放弃型珊瑚礁进行了更加细致的划分即淹没放弃型、侧向扩展放弃型和暴露放弃型, 同时还增加了侧向加积型, 共计6种划分方式: (1) 淹没放弃型: 当海平面上升速率增快, 礁体垂向发育高度远不及海平面, 无法获得充足的光照, 礁体便会逐渐失去垂向发育的能力直至停止生长。(2) 侧向扩展放弃型: 礁体在垂向发育时, 海平面上升速率下降, 且出现了更适合礁体发育的基底, 珊瑚礁可能会后退, 逐渐向基地更高, 更靠近海岸的方向迁移形成新的珊瑚礁。(3) 暴露放弃型: 礁体处于垂向发育阶段, 海平面持续下降, 导致礁体出露、停止发育。(4) 保持型: 礁体垂向发育速率与海平面上升速率持平。(5) 追赶型: 礁体发育初期的垂向生长速率小于海平面上升的速率, 当海平面趋于稳定时, 礁体的垂向发育速率与海平面变化速率持平。(6) 侧向加积型: 海平面趋于稳定后, 礁体发育到一定程度, 没有了可垂向发育的空间, 礁体被迫开始侧向加积。

总体而言, 在生物礁的发育过程受控于海平面的升降, 礁体的生长速率与相对海平面变化共同导致礁体呈现不同的生长模型。

#### 4.2 现代珊瑚礁沉积模式

现代珊瑚礁沉积模式以“垂向分层、平面分带”为核心特征(图6), 受水动力条件、生物作用及地形背景协同控制, 不同类型礁体(岸礁、堡礁、环礁)均呈现

统一垂向序列与差异化平面相带组合。垂向上, 礁体自下而上遵循“礁基-礁核-礁盖”三段式结构: 礁基为粒泥灰岩或生物碎屑灰岩, 作为造礁生物固着的基底; 礁核是礁体主体, 由格架岩(造礁生物骨架占比 $\geq 30\%$ )、粘结岩(藻粘结含量 $\geq 20\%$ )为主构成, 兼具抗浪功能与原生孔隙; 礁盖为泥粒灰岩或细粒生物碎屑岩, 形成于礁体生长终止后的相对低能环境。平面上, 自开阔海向陆/泻湖方向呈现清晰相带分异: 礁前带位于向海侧, 水深梯度大, 受高能波浪作用, 发育骨架岩、粘结岩及礁屑角砾岩, 造礁生物呈深度分带性; 礁坪带水浅且能量适中, 以颗粒灰岩、粘结岩为主, 混杂破碎礁屑与附礁生物残骸; 礁后带(或中央潟湖)能量最弱, 沉积细粒生物砂屑或泥晶灰岩, 部分含陆源碎屑混合沉积, 大型环礁的潟湖内可发育斑礁或小型鐳礁。

不同类型珊瑚礁的沉积模式存在特异性: 环礁以环状礁盘围绕中央潟湖为典型特征, 礁前带东北侧因迎风面发育更宽广, 潟湖水深随规模变化(小型约10m、中型可达30m), 水交换程度控制潟湖内斑礁发育; 堡礁与陆缘间以潟湖相隔, 礁后潟湖珊瑚生长较弱, 沉积物以礁源碎屑与陆源物质混合为主, 近岸侧可叠加岸礁沉积; 岸礁沿大陆或岛屿边缘展布, 礁后常形成串珠状海岸潟湖, 沉积以生物碎屑为主, 礁前与礁后均可能出现陆源碎屑混入的混合沉积。整体而言, 水动力强度主导相带展布与岩性组合, 高能区(礁前、礁核)以格架岩、颗粒岩为主, 低能区(潟湖、礁后)以泥晶灰岩、细粒碎屑岩为主, 生物骨架构建与藻粘结作用是礁体抗浪隆起的核心成因。

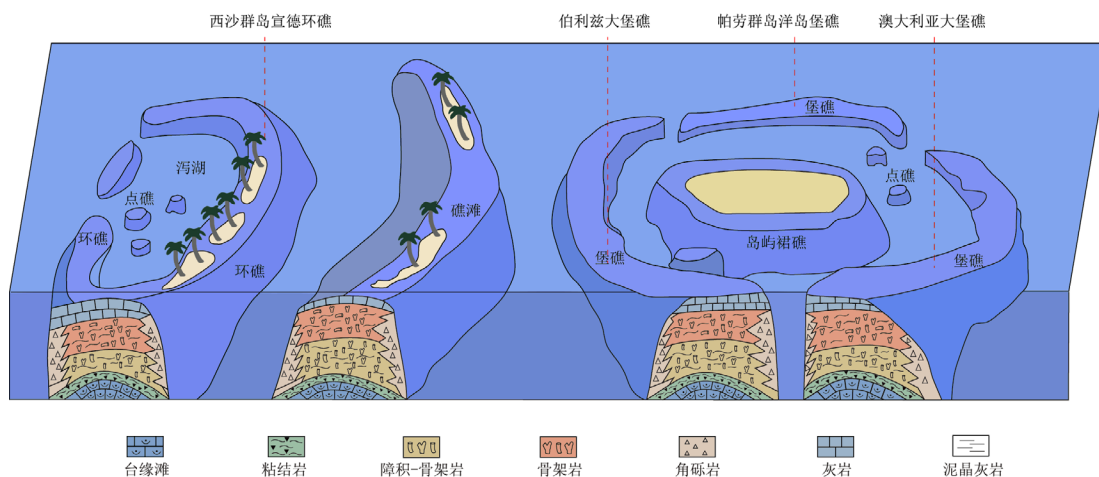


图6 现今珊瑚礁沉积模式图

Figure 6 Sedimentary model of modern coral reefs

#### 4.3 现代珊瑚礁地质总结

通过对现今生物礁沉积模式、岩性特征、平面特征、沉积模式, 以及剖面特征的研究, 编制了现今生物

礁地质总结表(表1)。

现代珊瑚礁地质特征受水动力条件、生物作用及地形背景共同控制。沉积模式呈现“垂向分层—平面分



带”的统一架构与礁型特异性耦合特征：垂向剖面以“礁基-礁核-礁盖”三段式序列为核心。

平面上自开阔海向陆/泻湖方向呈现清晰相带分异，礁前带受高能波浪作用发育礁屑角砾岩与骨架岩，礁坪

带能量适中以颗粒岩、粘结岩为主，礁后带（或中央潟湖）为低能环境沉积细粒生物砂屑或泥晶灰岩；环礁呈环状围绕中央潟湖、堡礁与陆缘间以潟湖相隔、岸礁沿大陆或岛屿边缘展布。

表 1 现代生物礁地质特征总结表

Table 1 Summary of geological characteristics of modern bioherms

| 研究区     | 岩性组合        | 沉积环境      | 最大发育速率 (mm/a) | 生态意义         |
|---------|-------------|-----------|---------------|--------------|
| 澳大利亚大堡礁 | 格架岩-粘结岩-塌积岩 | 大陆架边缘高能带  | 12.5          | 全球最大生物多样性热点  |
| 西沙群岛    | 障积岩-泻湖泥灰岩   | 季风影响台地礁   | 8.7           | 南海油气储层潜在靶区   |
| 伯利兹大堡礁  | 红树林-礁复合体    | 潟湖-堡礁屏障系统 | 15.2          | 中美洲海岸生态防护屏障  |
| 帕劳群岛    | 环礁粘结岩-礁坪砂屑  | 火山岛链高能礁坪  | 9.8           | 深海-浅海生物过渡带研究 |

5 对古老生物礁油气藏的指示意义

5.1 高能相带：古老生物礁油气藏的核心有利勘探领域

高能相带作为古老生物礁油气藏形成的关键沉积环境，其对勘探的指示价值体现在储集体构建、成藏组合配置及产能保障三个核心维度，是碳酸盐岩领域寻找高产油气藏的优先勘探开发对象。

强水动力环境不仅为造礁生物（如珊瑚、海绵及苔藓虫等）提供了适宜的生长生态条件，促进形成厚度达数十至数百米的骨架岩，且通过持续的颗粒淘洗作用，为原生孔隙（粒间孔、粒内孔）的保存奠定基础。位于礁体前缘沉积的细粒碳酸盐岩，具备良好的封堵性，可与生物礁储层构成“生-储-盖”成藏组合。

高能相带沉积物除保留原生孔隙外，后期叠加的大气淡水溶蚀、有机酸溶蚀等建设性成岩作用，能形成次生溶蚀孔，最终使储层孔隙度稳定维持在10%~30%，渗透率可达数十毫达西，显著优于低能相带沉积（普遍孔隙度<5%、渗透率<1mD），这种高孔高渗特性为油气聚集提供物性保障。

塔里木盆地奥陶系塔中I号坡折带生物礁凝析气藏、鄂尔多斯盆地奥陶系生物礁天然气藏的产能核心区，均受控于高能相带展布范围，其单井日产气量较非高能相带区域高3~5倍。因此，在古生代—中生代碳酸盐岩勘探中，将“生物礁发育区与高能相带叠合区段”作为优先勘探靶区，是成功勘探的关键。

5.2 生物礁带状分布：古老生物礁油气藏的空间分布指示器

古老生物礁的带状或群体分布模式，是古水动力条件（古海岸线、潮汐流场、上升流系统）的直接沉积响应，其分布规律可为油气勘探开发指明方向。

在温暖浅海环境中，潮汐高能区或上升流营养富集区（具备充足营养盐与适宜光照），可驱动造礁生物沿古海岸线、海底高地（如古隆起、台缘坡折带）连续发

育，形成平行于古岸线的长条状礁带；而海平面周期性升降会进一步调控礁带迁移方向——海侵期向海盆中心退缩，海退期向陆缘推进，最终形成“迁移型带状储集体”。此类礁带因发育于古地貌高点，是油气运聚的有利区。

中国北部湾石炭纪藻礁油气藏的礁带沿古海岸线呈北东向带状展布，油气富集区集中于礁带中部古地貌高部位；川东—鄂西二叠纪礁气藏、珠江口盆地流花II-1油田的主力油气藏，亦均位于礁带核心段与前缘砂砾相带的叠合区域，其单井探明储量较礁带边缘区高2~3倍。

基于此，在勘探过程中，可通过地震相识别（如丘状反射带、杂乱反射带）、地球物理异常分析（如高孔隙度地震响应、低伽马测井响应），结合沉积相恢复确定古水动力方向，进而精准圈定礁带展布范围，锁定油气富集的核心靶区。

6 结论

通过文献调研法结合伯利兹大堡礁、澳大利亚大堡礁、西沙群岛宣德环礁及太平洋礁区等全球典型现代珊瑚礁的岩石学特征分析，系统开展现代珊瑚礁沉积分类、沉积模式构建及古今类比体系研究，主要结论如下。

（1）明确了现代珊瑚礁岩石学分类定量标准，格架岩以造礁生物骨架占比≥30%、障积岩以生物残体拦截沉积物占比介于15%~30%、粘结岩以藻粘结产物占比≥20%为判定指标，为古老生物礁的岩性识别提供统一依据。

（2）构建“水动力—沉积序列—相带”模式，揭示岸礁、堡礁、环礁均具“礁基-礁核-礁盖”共性垂向序列，且相带展布受水动力控制。

（3）揭示出高能相带为有利勘探领域和生物礁呈带状平面分布特征，为古老生物礁油气藏的勘探指明方向。

参考文献

[1] Adams J E, Frenzel H N. Capitan barrier reef, Texas

- And New Mexico [J]. *The Journal of Geology*, 1950, 58 (4): 289–312.
- [2] 范嘉松. 中国古生代生物礁研究的基本状况与今后的发展方向 [M] // 范嘉松. 中国生物礁与油气. 北京: 海洋出版社, 1996: 326–329.
- [3] 张宝民, 刘静江, 边立曾, 等. 礁滩体与建设性成岩作用 [J]. *地学前缘*, 2009, 16 (1): 270–289.
- [4] 郭旭升, 胡东风, 黄仁春, 等. 四川盆地深层—超深层天然气勘探进展与展望 [J]. *天然气工业*, 2020, 40 (5): 1–14.
- [5] 王力, 王鑫, 蔡凯旋, 等. 生物礁油气分布特征及勘探前景 [J]. *内蒙古石油化工*, 2021, 47 (7): 117–121.
- [6] 蒋晓光. 生物礁隐蔽油气藏的精细研究 [D]. 成都理工大学, 2006.
- [7] Folk R L. Practical petrographic classification of limestones [J]. *AAPG Bulletin*, 1959 (43): 1–38.
- [8] Folk R L. Spectral subdivision of limestone types [M] // In Ham W E ed. *Classification of Carbonate Rocks*. AAPG Memoir, 1962 (1): 62–84.
- [9] Dunham R J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture [M] // In Ham W E ed. *Classification of Carbonate Rocks*. AAPG Memoir, 1962 (1): 108–121.
- [10] Embry A, Klován J E. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest Territories [J]. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 1971 (19): 730–781.
- [11] E Gischler, J H Hudson. Holocene development of the Belize Barrier Reef [J]. *Sedimentary Geology*, 2004 (164): 223–236.
- [12] Wright P V. A revised classification of limestones [J]. *Sedimentary Geology*, 1992 (76): 177–185.
- [13] Wilson J L. Carbonate Facies in Geologic History [M]. Berlin: Springer-Verlag 1975.
- [14] Longman M W. A process approach to recognizing facies of reef complexes [M] // In D F Toomey (ed.), *European fossil reef models*. S. E. P. M. Spec. Pub. 1981: 9–40.
- [15] 张明书, 何起祥, 韩春瑞, 等. 西沙礁相第四纪地质 [M] // 海洋地质研究所集刊 (一). 山东科学技术出版社, 1987: 189–341.
- [16] Camoin G F, Searé C, Deschamps P, et al. Reef response to sea-level and environmental changes in the Central South Pacific during the last deglaciation [J]. *Sedimentology*, 2012, 59 (3): 763–785.
- [17] Muir P, Wallace C, Bridge T C L, et al. Diverse staghorn coral fauna on the mesophotic reefs of north-east Australia [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (2): e0117933.
- [18] 赵强. 西沙群岛海域生物礁碳酸盐岩沉积学研究 [D]. 中国科学院研究生院 (海洋研究所), 2010.
- [19] Mesophotic reefs of north-east Australia [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (2): e0117933.
- [20] 赛拉艾芙. 一起来南沙赏珊瑚 [EB/OL]. [2025-12-20]. [http://www.sohu.com/a/462558629\\_120051723](http://www.sohu.com/a/462558629_120051723).
- [21] 李银强, 余克服, 王英辉, 等. 西沙群岛永乐环礁琛科2井的珊瑚藻组成及其水深指示意义 [J]. *微体古生物学报*, 2017, 34 (3): 268–278.
- [22] 商志垒, 孙志鹏, 解习农, 等. 南海西科1井上新世以来礁滩体系内部构成及其沉积模式 [J]. *地球科学 (中国地质大学学报)*, 2015, 40 (4): 697–710.
- [23] Steinhilff D M, Abubshait A, Purkis S J. Red Sea Holocene carbonates: windward platform margin and lagoon near Al-Wajh, northern Saudi Arabia [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2021, 91 (8): 847–875.
- [24] Gischler E, Hudson J H. Holocene development of the Belize barrier reef [J]. *Sedimentary Geology*, 2004, 164 (3/4): 223–236.
- [25] 常洪伦. 现代生物礁与贵州石炭纪生物礁的对比研究 [D]. 东北大学, 2008.
- [26] 覃业曼. 西沙群岛琛航岛全新世珊瑚礁的发育过程及其记录的海平面变化 [D]. 广西大学, 2019.
- [27] 李银强. 西沙群岛珊瑚藻记录之近2000万年以来的海平面变化和珊瑚礁演化过程 [D]. 广西大学, 2022.
- [28] Gischler E, Storz D. High-resolution windows into Holocene climate using proxy data from Belize corals (Central America) [J]. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 2009, 89 (3): 211–221.
- [29] 魏喜. 西沙海域晚新生代礁相碳酸盐岩形成条件及油气勘探前景 [D]. 中国地质大学 (北京), 2006.
- [30] Shen C C, Siringan F P, Lin K, et al. Sea-level Rise and Coral-reef Development of Northwestern Luzon since 9.9 ka [J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2010, 292 (4): 465–473.
- [31] Smithers S, Larcombe P. Late Holocene Initiation and Growth of a Nearshore Turbid-zone Coral Reef: Paluma Shoals, Central Great Barrier Reef, Australia [J].

- Coral Reefs, 2003, 22 ( 4 ) : 499–505.
- [ 32 ] 中国科学院南沙综合科学考察队. 南沙群岛永署礁第四纪珊瑚礁地质 [ M ] . 北京: 海洋出版社, 1992.
- [ 33 ] Rhodes E G. Reef coring techniques, Great Barrier Reef. J. sedim [ M ] . Petrol, 1981: 51, 650–652.
- [ 34 ] David Johnson and Christopher Cuff. Holocene reef sequences and geochemistry, Britomart Reef, central Great Barrier Reef, Australi [ J ] . Sedimentology, 1984 ( 31 ) : 515–529.
- [ 35 ] Easton W H, Olson E A. Radiocarbon profile of Hanauma Reef, Oahu, Hawai [ J ] . Geol Soc Am Bull, 1984 ( 87 ) : 711–719.
- [ 36 ] G F Camoin, M Colonna, L F Montaggioni, et al. Holocene sea level changes and reef development in the southwestern Indian Ocean [ J ] . Coral Reefs, 1997 ( 16 ) : 247–259.
- [ 37 ] Davies P J, Montaggioni L F. Reef growth and sea-level change: the environmental signature [ J ] . Proceeding of 6th International Coral Reef Symposium, 1985 ( 3 ) : 477–511.
- [ 38 ] 胡明毅, 魏欢, 邱小松, 等. 鄂西利川见天坝长兴组生物礁内部构成及成礁模式 [ J ] . 沉积学报, 2012, 30 ( 1 ) : 33–42.

## Review on Sedimentary Characteristics and Sedimentary Models of Modern Coral Reefs and their Implications for Ancient Biogenic Reef Oil-gas Reservoirs

Yi Juanzi<sup>1</sup> Wang Zegang<sup>2</sup> Chen Shouchun<sup>1</sup> Zhou Xiaoyi<sup>2</sup> Liu Fei<sup>1</sup> Li Bing<sup>2</sup>  
Xu Lu<sup>1</sup> Mou Shihao<sup>2</sup> Luo Nina<sup>1</sup> Ao Xiang<sup>1</sup> Cheng Ganrong<sup>2</sup>

1.Chongqing Gas Mine, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chongqing;

2.Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

**Abstract:** As marine carbonate deposits formed by in-situ accumulation of reef-building and reef-dwelling organisms, biogenic reefs possess both wave-resistant structures and positive landforms. Their sedimentary characteristics and models are key bases for analyzing geological evolution and guiding oil-gas resource exploration. With the core goal of “serving the exploration of ancient biogenic reef oil-gas reservoirs”, this study was systematically conducted using a combination of literature review and petrological analysis of modern coral reefs. By sorting out typical modern coral reef cases from the Belize Barrier Reef, Great Barrier Reef (Australia), Xuande Atoll of the Xisha Islands, and Pacific reef areas, the classification basis and quantitative division criteria for three major rock types of biogenic reefs were clarified: reef framework rocks (dominated by reef-building organism skeletons), bafflestones (sediments trapped by biological residues), and boundstones (driven by algal binding). The vertical sedimentary sequence of “reef base - reef core - reef cap” for modern coral reefs was revealed; furthermore, combined with hydrodynamic conditions and paleogeomorphic settings, typical sedimentary models (e.g., fringing reefs, barrier reefs, atolls) were established. The coupling relationship between the biological assemblages (coral-algae-reef-dwelling organisms) of modern coral reefs and hydrodynamic environments, as well as the facies distribution patterns, were summarized. The results show that the petrological classification system, vertical sequence characteristics, and sedimentary models of modern coral reefs can provide direct references for the lithology identification, physical property prediction, and reservoir-forming condition evaluation of ancient biogenic reef reservoirs through the “present-to-past analogy” method. In addition, their facies distribution patterns and hydrodynamic response mechanisms can further guide the delineation of favorable exploration areas for ancient biogenic reef oil-gas reservoirs, thereby providing theoretical support and practical basis for the oil-gas exploration of ancient reef-beach bodies in marine carbonates.

**Key words:** Modern coral reefs; Sedimentary characteristics; Sedimentary models; Ancient biogenic reef oil-gas reservoirs