

TTKHTN&CNQG
PVHDHHN

TRUNG TÂM KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA
PHÂN VIỆN HẢI DƯƠNG HỌC TẠI HÀ NỘI
18A, ĐƯỜNG HOÀNG QUỐC VIỆT, HÀ NỘI

BÁO CÁO TÓM TẮT TỔNG KẾT ĐỀ TÀI KHOA HỌC:

**XÁC ĐỊNH ĐỊA CHẤT- ĐỊA MẠO, XÂY DỰNG PHƯƠNG ÁN
MỞ LUÔNG VÀO MỘT SỐ ĐẢO SAN HỒ**

PGS. TS. **PHẠM HUY TIẾN**

HÀ NỘI, 12-2002

**TRUNG TÂM KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA
PHÂN VIỆN HẢI DƯƠNG HỌC TẠI HÀ NỘI**

18A, ĐƯỜNG HOÀNG QUỐC VIỆT, HÀ NỘI

BÁO CÁO TÓM TẮT TỔNG KẾT ĐỀ TÀI KHOA HỌC:

**XÁC ĐỊNH ĐỊA CHẤT- ĐỊA MẠO, XÂY DỰNG PHƯƠNG ÁN
MỞ LUỒNG VÀO MỘT SỐ ĐẢO SAN HỒ**

PGS. TS. **PHẠM HUY TIẾN**

**HÀ NỘI , 12 - 2002
Bản thảo viết xong 10 – 2002**

BÁO CÁO TÓM TẮT

DANH SÁCH NHỮNG NGƯỜI THỰC HIỆN

BAN CHỦ NHIỆM

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1) PGS.TS. Phạm Huy Tiến | Chủ nhiệm |
| 2) TS. Nguyễn Văn Bách | Phó chủ nhiệm - Thư ký đề tài |
| 3) PGS.TS. Nguyễn Ngọc | Phó chủ nhiệm |

NHỮNG NGƯỜI THAM GIA CHÍNH

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1) NCS. Nguyễn Tiến Hải | 6) KS. Phạm Quốc Hiệp |
| 2) KS. Nguyễn Huy Phúc | 7) KS. Phạm Việt Nga |
| 3) TS. Trần Văn Hoàng | 8) CN. Nguyễn Trung Thành |
| 4) KS. Nguyễn Văn Nhân | 9) KS. Nguyễn Bá Minh |
| 5) TS. Trịnh Thế Hiếu | |

BỐ CỤC (Báo cáo tổng kết)

Tóm tắt

Mục lục

Lời Mở đầu

Chương I - Hình thái học Rạn san hô

- I-A. HÌNH DÁNG RẠN SAN HỒ TRÊN MẶT PHẲNG NGANG - BÌNH DIỆN
- I-B. HÌNH DÁNG RẠN SAN HỒ TRÊN MẶT PHẲNG ĐỨNG - THIẾT DIỆN

Chương II - Các đá tạo rạn san hô

- II-A. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO - KIẾN TRÚC
 - II-A-1 Đặc điểm về cấu tạo (cấu trúc)
 - II-A-2 Đặc điểm về kiến trúc
- II-B. THÀNH PHẦN KHOÁNG VẬT TẠO ĐÁ
 - II-B-1 Khoáng vật cacbonat
 - II-B-2 Mảnh vụn khoáng vật
 - II-B-3 Mảnh vụn đá
 - II-B-4 Xi măng
- II-C. THÀNH PHẦN SINH VẬT TẠO RẠN
 - II-C-1 Nguồn gốc rạn san hô (nguồn gốc sinh vật).
Điểm lại những khái niệm về rạn san hô
 - II-C-2 Vật liệu san hô - thành phần sinh vật quan trọng của rạn
 - II-C-3 Những nét chung về san hô tạo rạn
 - II-C-4 Vai trò của san hô trong hình thành và phát triển rạn san hô
- II-D. MÔ TẢ CÁC NHÓM ĐÁ CHÍNH
 - II-D-1 Đá khung san hô
 - II-D-2 Đá vụn san hô
- II-E. NGUỒN GỐC VÀ ĐIỀU KIỆN HÌNH THÀNH CÁC ĐÁ TẠO RẠN
- II-G. NHỮNG BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐÁ TẠO RẠN
 - II-G-1 Những thay đổi của các phần tử tạo đá
 - II-G-2 Những thay đổi của xi măng - vật liệu đóng vai trò dính, gắn kết đá
 - II-G-3 Những biến đổi của đá tạo rạn
 - II-G-4 Nhận định về biến đổi của đá tạo rạn
- II-H. PHÂN LOẠI CÁC ĐÁ TẠO RẠN

HP: 22/11/04. Thơm

KRSH
22. chi? hân
Mô' Lương
Cần có chi? hân? thi?
hơn

- II-H-1 Phân loại đá theo nguồn gốc-xuất xứ vật liệu tạo đá
- II-H-2 Phân loại đá theo cơ chế hình thành
- II-H-3 Phân loại đá theo mức độ hóa đá
- II-H-4 Phân loại theo thành phần vật chất - khoáng vật
- II-K. SỰ PHÂN BỐ CÁC ĐÁ TẠO RẠN
 - II-K-1 Vị trí phân bố và thể - dạng phân bố
 - II-K-2 Mô hình phân bố các ĐTR trên diện tích (theo không gian)
 - II-K-3 Mô hình phân bố các đá tạo rạn trong mặt cắt (theo thời gian)
- II-L. TÍNH ỔN ĐỊNH VÀ BỀN VỮNG CỦA RẠN SAN HỒ DO ĐÁ TẠO RẠN
 - II-L-1 Một số đặc tính cơ bản của các đá tạo rạn
 - II-L-2 Tiềm tàng mất ổn định của rạn (từ góc độ các đá tạo rạn)

Chương III - cấu trúc rạn san hô

- III-A. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU TRÚC RẠN SAN HỒ
- III-B. CẤU TRÚC RẠN SAN HỒ Ở TRƯỜNG SA
 - III-B-1 Bình đồ rạn
 - III-B-2 Đặc điểm phân bố các đá tạo rạn
 - III-B-3 Đặc điểm sống của quần thể san hô
 - III-B-4 Quá trình tích tụ vật liệu và hóa đá
 - III-B-5 Đặc điểm sườn rạn
 - III-B-6 Dấu tích hoạt động núi lửa
 - III-B-7 Kết quả khảo sát Địa Vật Lý
 - III-B-8 Mặt ranh giới địa tầng
- III-C. PHÂN LOẠI CÁC RẠN SAN HỒ
 - III-C-1 Phân loại theo nền móng rạn (lõi rạn)
 - III-C-2 Phân loại theo bình đồ rạn (lõi rạn)
 - III-C-3 Phân loại các rạn san hô theo quan hệ với khối - tòa núi
 - III-C-4 Phân loại theo mực nước biển
 - III-C-5 Phân loại theo xu thế phát triển
- III-D. TÍNH ỔN ĐỊNH & BỀN VỮNG RẠN SAN HỒ DO CẤU TRÚC RẠN

Chương IV - Tiến hóa rạn san hô

- IV-A. CƠ CHẾ HÌNH THÀNH
 - IV-A-1 Thành phần vật chất tạo rạn
 - IV-A-2 Quần thể san hô
 - IV-A-3 Cấu trúc rạn
- IV-B. TIẾN HÓA RẠN SAN HỒ
 - IV-B-1 Tổng quan các công trình nghiên cứu
 - IV-B-2 Phân tích nguồn tài liệu thực tế
 - IV-B-3. Nhận định

Chương V- Rạn Đá Tây

- V-A. HÌNH THÁI HỌC
 - V-A-1 Hình dáng rạn Đá Tây ở mặt phẳng ngang - bình diện
 - V-A-2 Hình dáng rạn Đá Tây ở mặt phẳng đứng - thiết diện
- V-B. CẤU TRÚC
 - V-B-1 Cấu trúc bên ngoài
 - V-B-2 Mô hình cấu trúc rạn Đá Tây
- V-C. CÁC ĐÁ TẠO RẠN ĐÁ TÂY
 - V-C-1 Những đặc điểm về kiến trúc

- V-C-2 Những đặc điểm về cấu trúc
- V-C-3 Thành phần vật chất
- V-C-4 Phân loại đá
- V-C-5 Sự phân bố các đá san hô

V-D. HIỆN TRẠNG PHÁT TRIỂN

Chương VI- Cơ sở mở luồng vào các rạn san hô

VI-A. KHẢ NĂNG MỞ LUỒNG CỦA CÁC RẠN SAN HÔ

- VI-A-1 Đặc điểm cấu trúc
- VI-A-2 Đặc tính đá tạo rạn
- VI-A-3 Đặc điểm địa hình - địa mạo
- VI-A-4 Đặc trưng động lực biển
- VI-A-5 Phân định các rạn thích hợp cho mở luồng
- VI-A-6 Rạn có triển vọng mở luồng

VI-B. ĐẶC ĐIỂM ĐỘNG LỰC BIỂN KHU VỰC ĐÁ TÂY

- VI-B-1 Đặc điểm động lực biển khu vực biển Đá Tây
- VI-B-2 Đặc điểm động lực biển trên sườn biển rạn Đá Tây

VI-C. CƠ SỞ KHOA HỌC MỞ LUỒNG VÀO RẠN ĐÁ TÂY

- VI-C-1 Các lạch ở rạn Đá Tây
- VI-C-2 Kiến thiết luồng vào rạn Đá Tây
- VI-C-3. Kiến thiết lạch và tạo luồng vào rạn

Kết luận

- A. ĐỊA CHẤT CÁC RẠN SAN HÔ Ở QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA
- B. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐỊA CHẤT

Lời cảm ơn

Tài liệu tham khảo

MỞ ĐẦU

Quần đảo Trường Sa là một quần đảo có nhiều đảo nhất (trên 200 đảo và bãi đá ngầm) ở biển Việt Nam. Chúng phân bố trên vùng biển Đông Nam trên một diện rộng khoảng 170.000km² (vĩ độ 7°N -12°N, kinh độ 110°E -118°E) trải dài từ Tây sang Đông gần 325 hải lý (590km), từ Bắc xuống Nam khoảng 274 hải lý (495km). Đảo gần đất liền nhất là đảo Trường Sa Lớn, cách Cam Ranh 248 hải lý. Hầu hết các đảo nổi và bãi đá ngầm Trường Sa đều nằm ở đới nước sâu trên dưới 2000m. Đây thực sự là vùng tiềm năng lớn cho phát triển kinh tế - xã hội. Để khai thác, sử dụng hiệu quả, hợp lý tiềm năng vùng quần đảo Trường Sa phục vụ cho phát triển kinh tế - xã hội và đặc biệt cho an ninh - quốc phòng, cần hiểu biết về điều kiện địa chất, nguồn gốc xuất xứ, cấu trúc, cơ chế hình thành và lịch sử tiến hóa các đảo – bãi ngầm (rạn san hô), tính ổn định, xu thế tồn tại, phát triển và phá hủy của chúng, cũng như khả năng mở luồng vào rạn san hô.

Nhằm góp phần giải quyết những vấn đề nêu trên, đề tài cấp Nhà nước: "*Xác định địa chất, địa mạo, xây dựng phương án mở luồng vào một số đảo san hô*" đã được hình thành và triển khai thực hiện với mục tiêu bước đầu làm sáng tỏ cơ chế hình thành, phát triển, tính ổn định của các bãi ngầm, đảo nổi - rạn san hô và xây dựng cơ sở khoa học địa chất cho việc mở luồng vào rạn san hô. Đây là đề tài lần đầu tiên tập trung đi sâu tìm hiểu bản chất "đảo san hô" và "bãi đá ngầm" [gọi theo thực địa] và quan hệ của chúng với "rạn san hô" [gọi theo khoa học]. Xuất xứ-nguồn gốc, các đá hình thành nên "đảo san hô" và "bãi đá ngầm" hay "rạn san hô", cơ chế hình thành và sự tiến hóa của chúng, cấu trúc bên trong và bên ngoài của "rạn san hô", phân loại các "rạn san hô", nền địa chất và mức độ vững trãi của "rạn san hô", những tai biến địa chất có thể có đối với "rạn san hô", v.v.

Đề tài cũng đã bước đầu làm sáng tỏ một số vấn đề được nhiều nhà khoa học và quản lý quan tâm, liên quan đến "rạn san hô" và đến khả năng mở luồng vào "rạn san hô".

Kinh phí thực hiện : Tổng kinh phí đã được phê duyệt : 2.150 Tr. VNĐ. Kinh phí đã nhận để thực hiện : 1.750 Tr. VNĐ từ nguồn Ngân sách SNKH. Còn 400 Tr. VNĐ chưa được cấp, trong đó có khoản kinh phí cho công tác tổng kết (kèm theo bản giải trình kinh phí đã thanh quyết toán). Đề tài: "Xác định địa chất, địa mạo, xây dựng phương án mở luồng vào một số đảo san hô" đã được thực hiện trong 5 năm trong đó 3 năm đầu (1998 - 2000) với mục tiêu bước đầu làm sáng tỏ cơ chế hình thành, phát triển, tính ổn định của các bãi ngầm, đảo nổi - rạn san hô và 2 năm tiếp theo (2001-2002) xây dựng cơ sở khoa học địa chất và lựa chọn rạn thích hợp cho việc mở luồng vào rạn san hô. Những nhiệm vụ chính của đề tài được triển khai theo các hướng chính sau: Khảo sát thực địa, Phân tích mẫu đất đá, tổng hợp tài liệu-số liệu và Xây dựng các chuyên đề khoa học giải quyết những vấn đề địa chất đặt ra. Trong quá trình thực hiện đề tài có sự tham gia của nhiều nhà địa chất thuộc Phân viện Hải dương học tại Hà Nội, Viện Hải dương học Nha Trang, Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng, Đại học Quốc gia Hà Nội, Đại học Mỏ - Địa chất. Công tác phân tích mẫu được tiến hành tại các phòng thí nghiệm thuộc Phân viện Hải dương học tại Hà Nội, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Mỏ - Địa chất, Viện Địa chất và Khoáng sản, Viện Hóa học, Viện Khoa học Vật liệu.

Công tác nghiên cứu RSH chủ yếu chỉ tập trung vào nền san hô ở vùng biển Việt Nam và mới chỉ được bắt đầu vào những năm 90, trong số đó phải kể đến: ① - "Một số kết quả nghiên cứu về tính năng cơ học của nền san hô" (Đề tài cấp NN 48B-02-04, 1990). ② - "Báo cáo kết quả khảo sát ĐCCT vùng bãi ngầm Tư Chính", do đoàn ĐCCT Biển Viễn Đông CHLB Nga thực hiện 3/1994). ③ - "Địa chất công trình và các tính chất cơ lý san hô vùng quần đảo Trường Sa" thuộc đề tài cấp Nhà nước NN KT 03-13. Do Học viện Kỹ thuật quân sự thực hiện, 1995. ④ - "Đánh giá các số liệu về ĐCCT phục vụ thiết kế các công trình DKI và khu vực Trường Sa", Công ty Tư vấn thiết kế Địa chất công trình, 1997. ⑤ - Đề tài NCKH: "Tổng kết đánh giá các công trình đã xây dựng ở vùng DK-I và quần đảo Trường Sa (1996 - 1997) do GS. Phạm Khắc Hùng chủ nhiệm, Viện Xây dựng Công trình Biển - ĐHXD chủ trì. ⑥ - Đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu động lực bờ biển và các công trình đảo, đề xuất các giải pháp khoa học kỹ thuật cho việc phòng chống xói lở bờ đảo một số đảo thuộc quần đảo Trường Sa" 1993-1997, do PGS.TSKH Nguyễn Văn Cư chủ nhiệm, viện Địa lý TTKHTN&CNQG chủ trì. Đề tài này đi sâu nghiên cứu động lực biển và đã đề xuất những giải pháp khoa học phục vụ công tác bảo vệ đảo. ⑦ - Đề tài cấp Nhà nước "Các đặc trưng Địa vật lý và vật lý khí quyển vùng quần đảo Trường Sa liên quan đến hoạt động tìm kiếm khoáng sản, xây dựng công trình, thông tin liên lạc, hàng hải và dự báo thiên tai" đã thực hiện trong các năm 1993 - 1997 do GS.TS. Bùi Công Quế chủ nhiệm, Phân viện Hải dương học tại Hà Nội, TTKHTN&CNQG chủ trì. Như vậy, đặc điểm địa chất cũng như cấu trúc, kiến trúc và thành phần vật chất của các đá tạo rạn; Cơ chế hình thành, xuất xứ, nguồn gốc, sự tồn tại và phát triển, lịch sử tiến hóa của chúng chưa có công trình khoa học nào thuộc đề tài cấp Nhà nước được triển khai.

Để đạt được mục tiêu đề ra, đề tài tập trung giải quyết các vấn đề khoa học được dưới dạng những chuyên đề: 1-Hình thái học các RSH, 2-Thành phần sinh vật tạo rạn (quần thể san hô), 3-Đặc điểm thạch học-khoáng vật, 4- Đặc điểm địa hóa các đá tạo RSH, 5- Cấu trúc bên ngoài 6-cấu trúc bên trong rạn san hô, 7-Tính ổn định của RSH do các đá tạo rạn, 8-Tính ổn định của RSH do cấu trúc rạn, 9-Cơ chế hình thành rạn san hô, 10-Tiến hóa các RSH, 11-Phân loại các rạn san hô ở QĐTS, 12-Hiện trạng-xu thế tồn tại và phát triển các rạn san hô ở QĐTS, 13-Phân tích đặc điểm Địa Chất thuận cho mở luồng, 14-Các rạn thích hợp để mở luồng, 15-Địa chất rạn Đá Tây, 16-Khả năng mở luồng vào các RSH, 17-Cơ sở địa chất rạn Đá Tây để mở luồng, 18-Tổng quan Địa chất các RSH ở QĐTS, 19-Cơ sở khoa học Địa chất cho lựa chọn đối tượng-khu vực mở luồng.

Đề tài đã tạo ra các sản phẩm : I-Hồ sơ nguồn tài thực tế, II-Hồ sơ số liệu kết quả phân tích trong phòng thí nghiệm, III- Sơ đồ phân bố các RSH ở QĐTS, IV-Sơ đồ-Mô hình thể hiện đặc điểm địa chất-địa mạo và cấu trúc các rạn san hô, hiện trạng và lịch sử tiến hóa các RSH, V- Các biểu-bảng tổng hợp tài liệu, số liệu, VI-Các báo cáo khoa học theo chuyên đề, VII-Các mặt cắt địa chất hố đào và lỗ khoan trên RSH, VIII-Các tuyến mặt cắt địa chất, IX- Báo cáo khoa học về Địa Chất RSH và cơ sở địa chất mở luồng vào RSH

Những kết quả chính của đề tài được trình bày trong Báo Cáo Tổng Kết 221 trang, bao gồm 6 chương (không kể Mở Đầu và Kết Luận): Chương I Hình thái học rạn san hô; Chương II Các đá tạo rạn san hô; Chương III Cấu trúc rạn san hô; Chương IV Cơ chế hình thành rạn san hô; Chương V Rạn Đá Tây; Chương VI Cơ sở mở luồng vào rạn san hô. Phần Kết Luận được trình bày cô đọng các vấn đề khoa học liên quan đến rạn san hô và cơ sở khoa học địa chất cho mở luồng vào rạn. Phần Phụ Lục Báo Cáo bao gồm nguồn tài liệu-số liệu, biểu bảng, sơ đồ-hình vẽ và ảnh minh họa các nội dung của đề tài.

Báo cáo tóm tắt được trình bày theo biểu mẫu C-BC-BIT "Hướng dẫn viết báo cáo tóm tắt tổng kết khoa học và kỹ thuật Đề tài/ Dự án" HD-3 (Bộ KH&CN&MT).

(Chú giải các chữ viết tắt: QĐTS- Quần Đảo Trường Sa; RSH- Rạn San Hô; ĐTR- Đá Tạo Rạn; TB- Trung Bình; MNB-Mực Nước Biển).

Chương I: HÌNH THÁI HỌC RẠN SAN HÔ

Hình thái học (*Morphology*) rạn san hô thể hiện ở hình dáng, thành phần cấu trúc bên ngoài và trật tự sắp xếp các đá liên quan đến phát triển của rạn. Để tiện theo dõi trong phần này chỉ trình bày chi tiết phần hình dáng RSH. Hình dáng trên mặt phẳng ngang-bình diện và hình dáng trong mặt phẳng đứng-thiết diện. Thành phần cấu trúc bên ngoài sẽ được trình bày chi tiết trong chương cấu trúc RSH, còn trật tự sắp xếp các đá liên quan đến phát triển rạn sẽ được trình bày chi tiết trong chương các đá tạo RSH.

I.A. HÌNH DÁNG RSH TRÊN MẶT PHẪNG NGANG - BÌNH DIỆN

Các RSH vùng quần đảo Trường Sa có mặt đỉnh hình bầu dục [Bầu dục ngắn và bầu dục dài], chỉ một rạn (rạn Trường Sa) có mặt đỉnh hình tam giác.

Đa số các mặt đỉnh bầu dục có hai phần: phần vùng trung tâm nằm ở giữa và phần bờ vòng-viên bao quanh vùng trung tâm. Số ít mặt đỉnh có hai phần: phần đảo nổi-nằm ở giữa và phần thềm bao quanh phần đảo nổi.

Bờ vòng tồn tại ở hai dạng chính-dạng liền và đứt đoạn. Nhìn chung, ở QĐTS các RSH trên mặt phẳng ngang khá đồng nhất về hình dáng, nhưng đa dạng về kích thước.

I.B. HÌNH DÁNG RSH Ở MẶT PHẪNG ĐỨNG - THIẾT DIỆN

Các rạn san hô đều có dạng những khối núi đồ sộ đỉnh bằng (*top flat mounts*). ở mặt phẳng đứng, chúng có dạng hình thang cụt với hai cạnh-sườn dốc và chiều cao trên dưới 2000m.

Về chi tiết đa số các rạn có cạnh đỉnh hơi lõm ở phần trung tâm, số ít còn lại có cạnh đỉnh hơi lồi ở phần trung tâm. Các rạn có cạnh đỉnh hơi lõm như: rạn Đá Lát, Phan Vinh, Núi Le, Tiên Nữ, Đá Lớn, Thuyền Chài, Tộc Tan, Đá Tây, Đá Đông, Ba Bình, Nam Yết, Sinh Tôn, Song Tử. Riêng chỉ có rạn Trường Sa Lớn, An Bang, và Trường Sa Đông có cạnh đỉnh hơi lồi.

Chương II: CÁC ĐÁ TẠO RẠN SAN HÔ

II.A. KIẾN TRÚC-CẤU TRÚC

II-A-1 Cấu trúc

Các phần tử tạo đá sắp xếp lộn xộn-chống chất lên nhau, đan xen nhau-lên chèn vào nhau tạo nên khối, đồng và sắp xếp theo trật tự thời gian thành lớp trên dưới tuần tự (thế hệ san hô nọ kế tiếp thế hệ kia), cũng như sắp xếp theo kích thước và sắp xếp định hướng theo chiều dài. Những kiểu sắp xếp trên tạo nên các kiểu cấu trúc khối, lớp, tập và thấu kính. Các phần tử tiếp xúc với nhau theo điểm, theo đường và theo mặt để tạo nên các kiểu cấu trúc cơ sở, lớp dầy và tiếp xúc. Vật liệu gắn kết chủ yếu là canxit thứ sinh, còn hydrôxit sắt và tạp chất hữu cơ có mặt với số lượng không lớn, và chỉ tập chung trong vài lớp trầm tích vụn kích thước bột (0,01 - 0,1mm). Trong các đá thuộc phần dưới của địa tầng [từ (-)2m xuống sâu hơn] vật liệu gắn kết vẫn chủ yếu là canxit thứ sinh và aragonite thứ sinh, thứ yếu là dolomit thứ sinh. Kiểu xi măng gắn kết tồn tại ở kiểu tiếp xúc và lớp dầy. Kiểu tiếp xúc khá phổ biến ở phần địa tầng trên càng xuống dưới được thay thế bằng kiểu lớp dầy.

II-A-2 Kiến trúc

Các phần tử tạo nên ĐTR là cành-nhánh khung cốt của sinh vật san hô và mảnh vụn khung cốt với kích thước khác nhau, ngoài ra còn có vỏ xác sinh vật khác với lượng rất nhỏ. Khung cốt san hô nguyên vẹn trong tư thế thẳng đứng với nhiều cành - nhánh. Cụm khung cốt san hô có hình dáng như những bụi cây nhỏ cao từ vài centimét đến vài chục centimét. Các mảnh vụn khung cốt san hô có hình dạng khác nhau từ dạng cành-nhánh nhỏ đến dạng mảnh vụn khá cân đối (kích thước dao động từ 0,01mm đến 100mm). Kích thước vỏ xác sinh vật từ 0,1mm đến 30mm. Cành-nhánh khung cốt và những mảnh vụn san hô có màu trắng, trắng xám, màu xám và ít màu đỏ. Vỏ xác sinh vật có màu trắng, trắng tinh, ít màu trắng xám hoặc đốm nâu, đốm đỏ.

II-B. THÀNH PHẦN VẬT CHẤT VÀ KHOÁNG VẬT

Trong thành phần vật chất của các đá tạo rạn san hô có mặt nhiều loại khoáng vật cacbonat thuộc nhóm canxit (hệ 3 phương), nhóm các muối kép và nhóm aragonit (hệ thoi). Các khoáng vật thuộc nhóm canxit gồm: *calcite* (CaCO_3), *magnesite* (MgCO_3), *smithsonite* (ZnCO_3), *rodocrosite* (MnCO_3), *siderite* (FeCO_3), *spherochalcite* (CaCO_3). Các khoáng vật thuộc nhóm aragonite có: *Aragonite* (CaCO_3), *strontianite* (SrCO_3), *viterite* (BaCO_3) và *cerussite* (PbCO_3). Nhóm các muối kép gồm *dolomite* ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) và *ankerite* $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$. Trong số các khoáng vật cacbonat kể trên có 3 khoáng vật chiếm tỉ lệ đáng kể, đặc biệt là các khoáng vật cacbonat canxi (CaCO_3): *canxit* và *aragonite*. Tổng hàm lượng của 2 khoáng vật này đạt từ 80% đến 97,75%. Tiếp đến, khoáng vật *dolomit* với hàm lượng từ 2,43% đến 13,28% (tb 7,15%). Hàm lượng các khoáng vật khác thì nhỏ: khoáng vật *ankerite* từ 1,24% đến 2,15% (tb 1,67%), khoáng vật *viterite* từ 0,11% đến 2,30% (tb 0,94%), khoáng vật *magnesite* từ 0,096% đến 0,716% (TB 0,40%). Các khoáng vật còn lại có hàm lượng trung bình rất nhỏ như *strontianite* - 0,0081%; *siderite* - 0,0079%; *rodocrosite* - 0,0053%; khoáng vật *smithsonite* - 0,0048%; khoáng vật *cerussite* - 0,0025% và khoáng vật *spherochalcite* - 0,00075%. Ngoài các khoáng vật cacbonat, còn có một số khoáng vật: thạch anh, fenspat, zircon, manhetit, hematit, limonit với số lượng rất nhỏ-không đáng kể.

II-C. THÀNH PHẦN SINH VẬT TẠO RẠN

Rạn san hô được hình thành chủ yếu từ cành-nhánh khung cốt san hô và các mảnh vụn của chúng. Như vậy, rạn san hô là một rạn hữu cơ- về bản chất là một rạn sinh vật, có nguồn gốc sinh vật. Ở đây, quần thể san hô là vật liệu xây dựng quan trọng nhất của rạn san hô.

II-C-1 Vật liệu san hô-thành phần sinh vật quan trọng của rạn san hô

II-C-1a. Vật liệu san hô và các dạng của nó

Khung xương san hô chính là phần vỏ cứng (*firm parts*) hay còn gọi là phần còn lại sau khi san hô chết. Phần vỏ cứng - Khung xương này giữ nguyên tư thế như khi còn sống trong điều kiện thuận lợi rồi hóa đá theo thời gian và bị lấp đầy bởi chất vôi - sản phẩm của quá trình tiết hữu cơ từ rong tảo, đặc biệt là rong tảo sống cùng quần thể san hô, kể cả chất vôi sản phẩm phá hủy từ Khung xương san hô. Kết quả toàn bộ khung xương san hô chết trở thành một phần nhỏ của rạn, cứ thế nhiều phần nhỏ hợp lại tạo nên bộ phận lớn của rạn, và các bộ phận lớn hợp thành thân rạn. Ngược lại, trong điều kiện không thuận lợi do hoạt động phá hủy mạnh của động lực biển, Khung xương san hô chết bị phá vỡ, đập vỡ thành các vụn san hô. Những vụn san hô này có thể ở tại chỗ, có thể di chuyển đi ra khỏi vị trí ban đầu của Khung xương, để tích tụ - tích góp. Dù ở trạng thái bở rời hay gắn kết với nhau, các vụn san hô đều tạo nên một phần của thân rạn. Trong trật tự thẳng đứng và trên diện tích những phần rạn từ vụn san hô hợp thành bộ phận lớn của rạn. Đến lượt mình, các bộ phận lớn hợp lại với nhau thành thân rạn. Như vậy, có thể thấy bằng hai phương thức khác nhau Khung xương san hô chết đều hợp thành thân rạn. Từ đây có thể thấy thân rạn san hô được xây dựng từ Khung xương nguyên vẹn của san hô chết, giữ nguyên tư thế như khi còn sống, và từ các vụn san hô chết, đã trải qua vận chuyển và tích tụ. Các Khung xương san hô chết và những mảnh vụn của chúng là kết quả hoạt động sống của những quần thể san hô cùng thời và khác thời. Như thế, một rạn san hô là sản phẩm của không biết bao nhiêu thế hệ san hô trong suốt thời gian dài hàng trăm ngàn năm đến vài triệu năm hay nhiều hơn nữa.

II-C-2 Các sinh vật khác - thành phần thứ yếu của rạn san hô

Ngoài san hô - nguồn cung cấp vật liệu chính, quan trọng cho xây dựng rạn san hô, còn có các sinh vật khác chiếm tỉ lệ nhỏ trong thể tích rạn. Chúng là Trùng lỗ (*foraminifera*), Chân bụng (*Gastropods*), Thân mềm (*Mollusks*), Ruột khoang lỗ tầng (*Stromatoporoids*), San hô rêu (*Bryozoans*), Huệ biển (*crinoids*), Bọt biển (*sponges*) và nhóm Trùng roi (*flagellata*). Đặc biệt, nhóm sinh vật Trùng roi-không chỉ là nguồn cung cấp vật liệu mà còn là nhóm sinh vật hỗ trợ đắc lực cho sự sống của quần thể san hô. Chính vì cùng sống và có ảnh hưởng đến đời sống của quần thể san hô mà nhóm Trùng roi được xem là sinh vật cộng sinh của san hô (*zooxanthellae*).

II-C-3 Những nét chung về san hô tạo rạn

II-C-3a. Cấu trúc cơ thể và sự hình thành tập đoàn

San hô được phân thành nhiều loài: san hô cứng, san hô mềm, san hô sừng v.v. Những san hô này đều thuộc ngành Xoang Trùng. Chúng có đặc điểm để phân biệt với các ngành động vật khác là: các tế bào sắp xếp thành lớp, thành cơ thể. Có 3 lớp chính: bên ngoài là lớp biểu bì, bên trong là lớp tế

bào tạo nên khoang tiêu hóa, giữa hai lớp là chất gắn, chất đệm (*mesoglea*). Các cá thể san hô là các polip hình trụ đơn lẻ, sống cố định hoặc liên kết với nhau thành tập đoàn; tất cả các loài san hô đều sống ở môi trường nước biển. Trong một tập đoàn san hô, mỗi cá thể là một thân ống (*polyp*) với các ống nối (*suture*) ngắn, rộng. Chúng sống trên một ống canxi dạng cái chén với các vách ngăn tỏa tròn ở đáy.

II-C-3b. Phân loại san hô

Ngành Xoang Trùng Coelenterata chia thành 3 lớp: Hydrozoa, Scyphozoa và Anthozoa. Phần lớn các loài san hô đều nằm trong lớp Anthozoa. Lớp này được chia thành ba phụ lớp với 13 bộ, trong đó bộ Madreporaria hay Scleractinia có số loài san hô nhiều nhất. Các rạn san hô được tạo thành chủ yếu từ san hô cứng (san hô đá) thuộc bộ này. San hô tạo nên rạn được gọi là san hô tạo rạn (*Hermatypic coral = Reef building coral*).

II-C-3c. Điều kiện môi trường sống

San hô ưa các vùng nước có độ muối trên 27‰, có độ trong cao, nước sạch, thông thoáng nhiều oxy và nhiệt độ lớn hơn 18°C. Phần lớn các loài san hô sống ở độ sâu từ bề mặt biển cho tới độ sâu khoảng 40m, nhưng cũng có loài sống tới độ sâu 6.000m, trong vùng vĩ độ từ 23° Nam tới 23° Bắc.

II-C-3e. Đặc trưng phân bố san hô theo độ sâu và theo thủy động lực

Sự phân bố theo độ sâu của sinh vật rạn san hô phụ thuộc vào các yếu tố địa hình, chất đáy, chế độ thủy động lực và độ trong của nước biển. Các rạn san hô ven bờ có thể chia thành ba đới theo chiều thẳng đứng như sau: Vùng khe rãnh đới ven bờ thường tồn tại khoảng 20 - 25 loài san hô, chiếm ưu thế là các loài *Acropora hyacinthus*, *A. formosa*, *A. cytherea*, *Porites rus*, *P. nigrescens*, *Montipora foliosa*, *Zaanthus sp.*... Đới mào rạn và sườn dốc ở độ sâu 3 - 10m, quần xã san hô cứng phát triển cực thịnh cả về thành phần loài và độ phủ, có khoảng 49 - 87 loài. Các loài san hô cứng tiêu biểu là *Acropora formosa*, *A. cytherea*, *A. florida*, *A. diversa*, *Porites nigrescens*, *P. cylindrica*, *Turbinaria peltata*. San hô mềm cũng rất phong phú ở đới này. Đó là các loài thuộc giống *Lopophyllum*, *Sarcophyton*, *Sinularia*. Ngoài ra, có thể còn có loài san hô xanh *Heliopora coerulea*, san hô trúc *Isis hippuris*. Vùng dưới sườn dốc và đới mặt bằng chân rạn thành phần loài giảm, số lượng ít hơn. Có thể gặp các loài "biển sâu", thích nghi với ánh sáng yếu như *Pachyseris speciosa*, *Mycedium elephantotus*, *Diaseris flagilis*, *Cycloseris paellioformis*, *Trachyphyllia geoffragi*, *Oulestrea cripa*, *Caulastrea numida*, *Flabellum rubrum*. Chỗ nào nền đáy bằng phẳng, ít dốc lại phủ cát thì hầu như không có san hô sống hoặc rất nghèo về thành phần loài, chủ yếu là các loài thuộc giống *Acropora* và *Fungia* hoặc vài tập đoàn nhỏ họ Faviidae.

Những vùng chịu ảnh hưởng trực tiếp của sóng, dòng chảy ven bờ và dòng triều, nền đáy thường có độ nghiêng lớn thì san hô phát triển phong phú ở độ sâu từ 5 - 15m có thể tới 20m nếu nước sạch và trong. San hô mềm phát triển tốt ở độ sâu 7 - 10m, nơi đáy tương đối bằng, độ nghiêng vừa phải. Ở độ sâu 10 - 15m, ảnh hưởng của sóng giảm, các tập đoàn san hô cứng dạng cành có điều kiện phát triển, ưu thế thuộc về giống *Acropora*.

II-C-3f. Quần xã sinh vật ở rạn san hô và sinh vật cộng sinh

Sống cộng sinh với san hô là loài tảo đơn bào. Loài tảo này sống trong các mô mềm của san hô, sử dụng khí CO₂ và cặn bã thải ra từ các tế bào của san hô để tổng hợp nên các sản phẩm sơ cấp gốc đường và oxy, cung cấp lại cho hoạt động sống của san hô. Ở san hô xảy ra một chu trình kín, san hô vừa là sinh vật sản xuất vừa là sinh vật tiêu thụ, các yêu cầu về điều kiện môi trường sống của chúng vì thế rất khắt khe, cần phù hợp cho cả tổ hợp cộng sinh san hô. Do sống cộng sinh với tảo, san hô tạo rạn chỉ phát triển ở ven bờ và ven các đảo, từ vùng triều thấp tới độ sâu tối đa khoảng 40m hoặc trên các bãi đá ngầm ngoài đại dương, nơi có đủ ánh sáng quang hợp cho cả san hô và tảo.

II-C-4 Vai trò của san hô trong hình thành và phát triển rạn san hô

Trong hình thành và phát triển rạn san hô, quần thể san hô đóng vai trò quyết định vị trí rạn san hô, là tiền đề tạo rạn, qui định cấu trúc của rạn, là lớp vỏ bảo vệ rạn và quyết định tốc độ phát triển rạn.

II-C-4a. Quần thể san hô qui định vị trí địa lý của rạn

San hô chỉ xuất hiện, tồn tại và phát triển ở vùng nước ấm (miền nhiệt đới - nhiệt độ nước thấp nhất về mùa đông không dưới 18°C và cao nhất về mùa hè không vượt quá 36°C) và vùng nước nông.

Vì thế, các rạn san hô cũng chỉ xuất hiện, hình thành và phát triển ở vùng nước ấm thuộc miền nhiệt đới (từ xích đạo đến 23° Bắc và 23° Nam) và ở vùng biển nông (hay vùng biển có đáy nông).

II-C-4b. San hô tiền để tạo rạn (ở đâu có san hô tạo rạn ở đó có rạn san hô)

Quần thể san hô cung cấp khung xương của mình để xây dựng thân rạn. Khung xương san hô là nguồn vật liệu tạo rạn san hô. Chỉ có sinh vật san hô mới có rạn san hô - đây là điều kiện cần. Như vậy, san hô là tiền để tạo rạn.

II-C-4c. Quần thể san hô là lớp vỏ bảo vệ rạn

Trong điều kiện biển, hoạt sóng và dòng cuộn với cường độ lớn và tần suất cao kèm theo sức phá lớn, gây nên quá trình xói mòn và mài mòn đối với rạn san hô. Trong thực tế, sự phá hủy do hoạt động của biển bị hạn chế rất nhiều nhờ sự che chắn của quần thể san hô. Ở vùng quần đảo Trường Sa thấy rõ hiện tượng: nơi nào, phần nào quần thể san hô sống tạo độ phủ lớn thì hoạt động phá hủy - xói mòn, mài mòn rạn san hô giảm. Ngược lại, nơi nào, phần nào quần thể san hô có độ phủ nhỏ thì hoạt động phá hủy diễn ra mãnh liệt. Như vậy, quần thể san hô khi sống còn đóng vai trò như lớp phủ che chắn rạn khỏi sự phá hủy của biển. Như thế, quần thể san hô là lớp vỏ bảo vệ rạn.

II-C-4d. Thành phần loài san hô qui định cấu trúc rạn

Dựa vào khả năng sống và phát triển của các loài san hô có thể thấy rạn san hô có 2 phần: phần ngoài - phần khung, cấu thành chủ yếu từ Khung xương những loài san hô chịu được sóng và dòng cuộn. Còn phần trong - phần thịt, cấu thành từ Khung xương san hô không chịu được sóng và dòng cuộn. Như vậy, thành phần loài san hô qui định cấu trúc rạn.

II-C-4e. San hô quyết định tốc độ phát triển rạn

Sự lớn nhanh và sinh sôi nhiều của quần thể san hô tạo ra nhiều vật liệu cho xây dựng rạn. Sự lớn chậm và ít sinh sôi của san hô tạo ra ít nguồn lượng vật liệu san hô, kết quả rạn kém phát triển. Như vậy, san hô quyết định tốc độ phát triển rạn.

Những phân tích trên cho thấy quần thể san hô qui định vị trí địa lý của rạn, cung cấp vật liệu xây dựng rạn, quy định cấu trúc rạn, quần thể san hô là yếu tố quyết định tốc độ phát triển nhanh-chậm của rạn san hô, cũng như trong bảo vệ rạn.

II-D. MÔ TẢ CÁC NHÓM ĐÁ CHÍNH

II-D-1 Đá khung san hô

Đá khung san hô cấu thành từ hai phần: phần khung đá và phần lèn khung đá. Phần khung đá được hình thành chủ yếu từ các cành-nhánh Khung xương san hô nguyên vẹn ở tư thế thẳng đứng và đan xen nhau tạo nên một khung-lưới. Lèn vào những khe-khoảng trống của khung lưới đó là những mảnh vụn-dập vỡ của Khung xương san hô. Đây chính là phần lèn khung đá. Sinh vật cộng sinh cung cấp chất với gắn kết những Khung xương san hô và các vụn san hô. Các mảnh vụn được đưa vào khe-khoảng trống nhờ dòng chảy và đến sau khi đã có khung đá.

II-D-2 Đá vụn san hô

Đá vụn san hô cấu thành chủ yếu từ các mảnh vụn-dập vỡ của Khung xương san hô. Cấu trúc của đá vụn san hô gồm hai phần: phần khung đá và phần lèn-phần phụ. Phần khung đá do các mảnh vụn chiếm đa số tạo nên. Phần phụ là các mảnh chiếm thiểu số và lấp vào khoảng trống của khung đá. Phần khung đá và phần phụ-phần được tạo ra đồng thời. Phụ thuộc vào kích thước trung bình của những mảnh vụn khung đá, đá vụn san hô được phân ra thành: cuội, sạn, cát, bột và pelít. Phần phụ-lèn được xem là vật liệu gắn kết.

II-E. NGUỒN GỐC VÀ ĐIỀU KIỆN HÌNH THÀNH CÁC ĐÁ TẠO RẠN

Vật liệu để hình thành đá tạo rạn có nguồn gốc từ quần thể san hô. Quần thể san hô cung cấp Khung xương nguyên vẹn và các mảnh vụn của Khung xương-dây là hai hợp phần chính-chủ yếu của đá tạo rạn. Quần thể san hô vừa là nguồn trực tiếp, vừa là nguồn gián tiếp khi thông qua đá san hô. Đá san hô được hình thành trước sau bị phá hủy cũng cung cấp vật liệu dưới dạng các mảnh vụn của đá san hô. Các mảnh vụn Poecia trachit và Poecia liparit có nguồn gốc từ sản phẩm của núi lửa (ở bãi ngầm An Bang đã phát hiện thấy có dấu hiệu liên quan đến hoạt động núi lửa). Các mảnh khoáng vật: thạch anh, fenspat, manhetit, hematit, limonit, ilmenit có thể bắt nguồn từ đá mẹ là: đá biến chất, đá trầm tích và đá macma.

II-G. NHỮNG BIẾN ĐỔI CỦA CÁC ĐÁ TẠO RẠN

II-G-1 Những thay đổi của các phần tử tạo đá

Những thay đổi về kiến trúc: (thể hiện ở thay đổi kích thước). Các mảnh vụn và tia nhánh san hô thể hiện ở sự gia tăng kích thước trong các đá san hô nằm ở độ sâu trên (-)6m. Sự gia tăng kích thước các mảnh vụn và tia nhánh san hô làm cho các lỗ rỗng thu nhỏ lại. Trong các đá san hô, đặc biệt là vụn san hô nằm gần bề mặt, thường gặp những thay đổi kiến trúc thể hiện ở hướng ngược lại - sự giảm kích thước.

Những thay đổi về cấu trúc: (thể hiện ở mức độ kết tinh). Nếu các tia nhánh san hô trong đá khung san hô nằm gần bề mặt, cấu thành từ cacbonat canxi ở dạng chổi lông, thì những tia nhánh san hô trong đá vụn san hô nằm ở độ sâu 12m cấu thành từ cacbonat canxi ở dạng đám vi tinh; riêng ở độ sâu 19,8m xuất hiện ở dạng tinh thể nhỏ. Như vậy, cấu trúc vật liệu cacbonat canxi bên trong tia nhánh san hô cũng chịu thay đổi, từ dạng tia nhỏ - chổi lông sang vi tinh rồi đến tinh thể nhỏ. Biểu đổi cấu trúc ở hướng kết tinh rõ và lớn dần từ nhỏ hơn $4\mu\text{m}$ đến $4 - 20\mu\text{m}$, sau đạt tới lớn hơn $20\mu\text{m}$ theo độ sâu.

Những thay đổi về thành phần vật chất: Trong các đá san hô thuộc phần nổi của rạn (0m đến +4m) và phần chìm (từ 0m đến (-)2m) vắng mặt khoáng vật aragonite. Thế nhưng, ở các đá san hô thuộc phần dưới từ (-)2m đến (-)19,8m khoáng vật aragonite có mặt và hàm lượng của nó gia tăng theo chiều sâu. Sự vắng mặt của hợp phần aragonite trong các đá ở phần trên [(-)2 ÷ (+)4m] có thể do nước khí quyển (nước mưa) hòa tan (?).

II-G-2 Những thay đổi của ximăng - vật liệu đóng vai trò gắn kết đá

Trong các đá thuộc phần trên của địa tầng [từ (-)2m đến (+)4m] vật liệu gắn kết chủ yếu là canxit thứ sinh, còn hydroxit sắt và tạp chất hữu cơ có mặt với hàm lượng không lớn và chỉ tập trung trong vài lớp đá vụn san hô vụn cấp bột (0,01 - 0,1mm). Trong các đá thuộc phần dưới của địa tầng [từ (-)2m xuống sâu hơn] vật liệu gắn kết vẫn chủ yếu là canxit thứ sinh và aragonite thứ sinh, thứ yếu là dolomit thứ sinh. Canxit thứ sinh có sự thay đổi về mức độ kết tinh theo độ sâu, còn các vật liệu khác dường như không có sự thay đổi về cấu - kiến trúc. Canxit thứ sinh trong các đá thuộc phần trên của địa tầng tồn tại ở dạng đám vi tinh, còn ở các đá thuộc phần dưới của địa tầng canxit thứ sinh tồn tại ở dạng vi tinh và tinh thể nhỏ tấm chẻ (spar). Riêng aragonite tồn tại ở dạng tinh thể hình kim.

II-G-3 Những biến đổi của đá tạo rạn

Các đá vụn san hô có độ chặt khít khác nhau. Những đá nằm gần bề mặt có độ chặt khít thấp hơn những đá nằm dưới sâu. Các đá khung san hô có độ chặt khít chênh nhau không lớn. Những đá nằm gần bề mặt đảo-phần nổi của rạn và bề mặt thềm nước nông có độ rỗng (tb 40%) cao hơn so với đá nằm dưới sâu (tb 35%). Ranh giới tiếp xúc giữa các mảnh vụn trong các đá vụn san hô ở trên bề mặt thể hiện rất rõ. Trong khi đó ở các đá nằm từ độ sâu (-)6m trở xuống đến (-)19,8m ranh giới tiếp xúc giữa các mảnh vụn trong một số trường hợp không thể hiện rõ. Trong thực tế kiểu tiếp xúc giữa các mảnh vụn (điểm, đường và mặt) cùng với kiểu ximăng gắn kết (tiếp xúc, lấp đầy, cơ sở) ảnh hưởng mạnh đến cấu trúc các đá. Hệ thống các lỗ rỗng tạo điều kiện thuận lợi cho sự di chuyển các dung dịch chứa khoáng chất, trong đó có bicacbonat canxi $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Khoáng chất này kết tủa từ dung dịch, tạo nên dạng nôm vú hay các tinh thể canxit dạng tấm chẻ. Những tinh thể canxit này đóng vai trò liên kết các thành phần tạo đá-các mảnh vụn san hô. Trong các lớp đá thuộc phần trên cùng của địa tầng, thường gặp các vỏ mẫu vàng bực lấy mảnh vụn san hô. Thành phần của vỏ chủ yếu là canxit (CaCO_3) lẫn các hợp chất của kim loại sắt (Fe), của nhôm (Al) và của magnê (Mg). Mức độ kết tinh vật liệu xi măng ở các đá thuộc phần dưới của địa tầng khá hơn so với các đá thuộc phần trên, trong khi đó hiện tượng kết tủa dạng nôm vú thì ngược lại, nó chỉ phổ biến ở các đá thuộc phần trên của địa tầng.

II-G-4 Nhận định về biến đổi của đá tạo rạn

Nhìn chung, các đá san hô tạo rạn đang ở giai đoạn hóa đá (*Diagenesis*) [các đá hình thành sau 18.000 năm-năm trên mặt phong hóa gần đây nhất] và giai đoạn biến đổi (*Catagenesis*) [các đá hình thành trước 125.000 năm-năm dưới mặt phong hóa gần đây nhất]. Các đá khung san hô hóa đá nhanh hơn so với các đá vụn san hô cùng thời. Một số đá san hô ở phần trên cùng của địa tầng đang chịu thay đổi và trở nên rỗng xốp hơn. Đây là quá trình hóa đá ngược: quá trình thoái hóa (*Hypergenesis*). Còn hầu hết các đá ở phần dưới của địa tầng đang chịu những biến đổi về cấu-kiến trúc và trở nên rắn chắc hơn: Đây là quá trình hóa đá thuận (*Diagenesis*) và (*Catagenesis*). Các đá san hô tạo rạn ở QĐTS ít có

khả năng chuyển hóa thành đá dolômite, có thể do sự biến đổi của chúng luôn tạo ra canxit Mg thấp (trong điều kiện tự nhiên, thì canxit Mg thấp khó chuyển sang dolomite hơn là canxit Mg cao).

II-H. PHÂN LOẠI CÁC ĐTR

Đưa vào kết quả nghiên cứu nguồn gốc-xuất xứ vật liệu tạo đá; cơ chế hình thành đá; mức độ thay đổi - hóa đá; mối quan hệ giữa vật liệu tạo khung đá và vật liệu lèn; và thành phần vật chất-khoáng vật tạo đá có thể phân loại chi tiết các đá tạo rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa.

II-H-1 Phân loại đá theo nguồn gốc-xuất xứ vật liệu tạo đá

Các đá hình thành nên rạn san hô theo nguồn gốc xuất xứ được phân thành hai loại: Đá sinh vật san hô (đá san hô) và Đá sinh vật san hô - chim (đá Guano). Trong số chúng loại đá thứ nhất chiếm tuyệt đại đa số, còn loại đá thứ hai chiếm tỉ lệ rất nhỏ trong thể tích rạn. ① Đá san hô: cấu thành chủ yếu từ khung cốt san hô và các mảnh vụn của chúng. ② Đá Guano: là thành tạo trầm tích photphat canxi cấu thành từ hỗn hợp chất thải của chim biển và mảnh vụn san hô.

II-H-2 Phân loại đá theo cơ chế hình thành

Đưa vào cơ chế hình thành các đá được phân thành hai loại: đá khung san hô và đá vụn san hô. ① Đá khung san hô: cấu thành từ khung xương san hô còn nguyên vẹn và tại chỗ như khi san hô còn sống, không trải qua bất kỳ quá trình vận chuyển và tích tụ nào. ② Đá vụn san hô: cấu thành từ các mảnh vụn khung xương san hô đã trải qua ít nhất một lần vận chuyển, tích tụ hay hơn.

II-H-3 Phân loại đá theo mức độ hóa đá

Đưa vào mức độ hóa đá phân ra hai loại chủ yếu: Thành tạo dạng hóa đá và đá. Đưa vào mức xi măng phân thành hai loại chính: ① Đá bờ rời, chưa gắn kết và ② Đá gắn kết.

II-H-4 Phân loại theo thành phần vật chất - khoáng vật

Kết quả phân tích các hợp phần hóa học và các khoáng vật tạo đá cho thấy trên 80% các hợp phần hóa học là hợp chất CaCO_3 . Tương tự ở thành phần khoáng vật trên 90% các khoáng vật cacbonat tạo đá là nhóm khoáng vật canxi: khoáng vật canxit và khoáng vật aragonite. Dựa vào thành phần vật chất, thành phần khoáng vật, tất cả các đá tạo rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa được xếp vào loại đá vôi (*limestone*).

II-K. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ CÁC ĐÁ TẠO RẠN

Sự phân bố các đá san hô (đá khung san hô và đá vụn san hô) theo một trật tự nhất định và có tính qui luật. Cụ thể, trên tuyến cắt ngang đỉnh rạn các đá khung san hô bao giờ cũng có mặt ở rìa ngoài của tuyến, còn các đá vụn san hô có mặt ở phần bên trong của tuyến. Các đá khung san hô tập trung ở phần mào rạn, mặt trước rạn và phần trên cùng của sườn rạn. Các đá vụn san hô tập trung ở đáy vụng, sườn rạn phía vụng và trên mặt bằng rạn. Trong mặt cắt thẳng đứng, ở phạm vi khung xương rạn phân bố chủ yếu các đá khung san hô, còn ở phạm vi phần thịt của rạn chỉ phân bố các đá vụn san hô.

II-L. TÍNH ỔN ĐỊNH & BỀN VỮNG RSH DO ĐTR

Trong khuôn khổ của đề tài, để xây dựng cơ sở khoa học cho công tác thiết kế, thi công xây dựng công trình trên nền rạn san hô, tập thể tác giả đã tiến hành xem xét những đặc điểm địa chất chi phối - ảnh hưởng đến tính ổn định (stability) và độ bền vững (firmness) của nền rạn và các quá trình địa chất gây mất ổn định-bền vững đối với nền, làm phương hại đến công trình trên nền. Tính ổn định và độ bền vững của nền san hô được quyết định bởi các tố chính: cấu trúc nền và đá tạo nền cũng như tiềm tàng bất ổn định. Đá tạo nền cấu thành từ khung cốt san hô. Kết quả nghiên cứu khung xương san hô cho thấy đây là loại vật liệu nhẹ, xốp rỗng, giòn dễ vỡ với thành phần chủ yếu là canxit và aragonite thứ đến là magnesite, dolomite và các khoáng vật khác. Chính vì thế, các đá san hô là những đá có độ bền vững kém. Tiềm tàng bất ổn định nền san hô: Ở đây, tiềm tàng mất ổn định nền được xem xét ở góc độ các yếu tố tiềm ẩn trong cấu trúc nền và trong các đá tạo nền san hô (các yếu tố nội sinh). Sự tồn tại và tiến triển của các yếu tố tiềm ẩn đó làm suy yếu tính ổn định và độ bền vững của nền san hô, thậm trí gây phương hại nặng nề cho nền, khi chúng cộng hưởng với những tác động từ bên ngoài (các yếu tố ngoại sinh). Tác động từ bên ngoài có thể là các quá trình tự nhiên (sóng và dòng chảy biển, động đất và núi lửa, giông bão và mưa v.v...) có thể là các hoạt động kinh tế - xã hội của con người (đào khoét và xây dựng công trình v.v...). Yếu tố tiềm ẩn kém vững bền trong các đá tạo nền san hô bao gồm: Yếu tố thứ nhất là khả năng nén chặt của các đá thuộc tầng trên cùng của nền san hô còn rất cao. Các phân tử tạo đá, đặc biệt là các vụn san hô: những cành-nhánh san hô có kích thước lớn (Mđ:

4mm - >256mm) và có hình dáng không đều. Chúng được xem là công kênh. Giữa chúng tồn tại những khoảng trống rỗng. Khi có áp lực của lớp đá nằm trên, các phân tử tạo đá dồn lại và làm thu hẹp khoảng trống rỗng. Kết quả thể tích của đá bị co lại. Sự co lại thể tích của đá làm nền bị biến dạng, bị lún. Sự sụt lún được xem là một dạng thảm họa địa chất (geologic hazard) đối với các công trình xây dựng. Yếu tố thứ hai là khả năng hòa tan. Các đá san hô tạo nền chứa hàm lượng cao hợp chất CaCO_3 (canxit và aragonite). Canxit và aragonite dễ hòa tan trong môi trường axit, thậm chí trong axit yếu. Trong điều kiện tự nhiên, nước khí quyển (*meteoric water*) [nước mưa -*rain water*] chứa khoảng 0,03% trọng lượng là dioxit cacbon (CO_2). Lượng dioxit cacbon này làm nước mưa có tính axit yếu. Nước này tác động với aragonite và canxit tạo ra bicacbonat hòa tan trong nước theo phản ứng sau: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Do hàm lượng hợp chất CaCO_3 trong đá san hô rất cao dẫn đến khả năng hòa tan của đá san hô rất lớn (nghĩa là khả năng hòa tan rửa lũa của nền san hô cũng rất lớn). Đặc biệt đối với các phần của nền nhô cao trên mực nước biển và hứng được nước khí quyển. Yếu tố thứ ba là tính giòn, dễ vỡ của đá san hô (do các phân tử tạo nên nó là khung cốt san hô). Tính giòn và dễ vỡ của các đá làm cho nền trở nên yếu khi có áp lực từ trên đè xuống. Yếu tố thứ tư là sự thay đổi tương đối nhanh, đột ngột trên diện tích, kết quả nền đá không đồng nhất-dẫn đến nền yếu. Mặt khác, ranh giới giữa các tương đối có thể sẽ là mặt trượt- đây là một trong những tiền đề của sự sụt trượt.

Chương III: CẤU TRÚC RẠN SAN HÔ

III-A. CẤU TRÚC BÊN NGOÀI

Rạn san hô có cấu trúc bên ngoài gồm sườn rạn hay sườn phía biển-sườn chính (*fore reef-reef seaward slope*), mặt trước rạn (*reef front*), mào rạn (*reef crest*), mặt bằng rạn (*reef flat*), Mặt sau rạn hay sườn rạn phía vịnh (*back reef-lagoonward side of reef*), đáy vịnh trung tâm (*the floor of central lagoon*). Sườn rạn là một vách dốc đứng [với một vài đoạn ngắn thoải được gọi là chân sườn và bị phủ bởi lở tích rạn (*reef talus*)]. Mặt trước rạn là phần trên của sườn rạn, kéo từ mép ngoài mặt đỉnh rạn đến độ sâu nơi kết thúc sự phát triển phong phú của quần thể san hô và rong tảo san hô (ở các rạn Trường Sa độ sâu này ~18-20m). Mào rạn là nơi sườn rạn gấp khúc rõ rệt xuống biển (hay phần ngoài của mặt bằng rạn). Mào rạn nằm ở phần đỉnh của mặt trước rạn. Mào rạn thường cao hơn tất cả các bộ phận khác của rạn ở bất kỳ giai đoạn phát triển nào. Mào rạn là phần phát triển tiên phong của rạn. Mặt bằng rạn là mặt đỉnh rạn kéo từ mép ngoài phía biển đến mép ngoài phía vịnh của rạn. Đây là một nền bằng đá cứng thường bị phủ bởi các mảnh vụn san hô-cát san hô, bị hong khô hay sập nước khi triều kiệt. Trên mặt bằng rạn có các vũng nông, các rãnh, các đảo nhỏ, mỏ thấp của cát, dăm bờ rời và rải rác các cụm san hô khoẻ mạnh. Thường mặt rạn hơi nghiêng về phía vịnh. Mặt sau rạn (sườn rạn phía vịnh) kéo từ nơi uốn khúc rõ rệt thứ nhất của mặt dốc phía vịnh đến nơi uốn khúc rõ rệt thứ hai (nơi chuyển sang đáy vịnh). Mặt sau rạn thường bị phủ bởi cát, dăm cuội và lác đác các cụm san hô dạng ống, dạng củ và khối. Đáy vịnh trung tâm - đáy bồn tích tụ dạng vịnh. Thường bị phủ bởi các thành tạo vụn mịn ($Md < 0,1 \text{ mm}$) và các cụm san hô dạng thanh mảnh, giòn dễ gãy mục với tốc độ nhanh hơn tốc độ tích tụ trầm tích, ngoài ra còn có các ụ dạng tháp (*pinacles*) cao trên dưới 1m.

III-B CẤU TRÚC BÊN TRONG

Dựa vào kết quả phân tích khả năng sống và phát triển của các loài san hô tạo rạn, kết quả phân tích bình đồ của rạn, cũng như kết quả nghiên cứu các đá tạo rạn và đặc tính phân bố của chúng trên diện tích và trong mặt cắt, cho thấy mô hình tổng quát cấu trúc rạn san hô: Khối sản phẩm san hô bao quanh khối núi (nhân lõi), có cấu trúc hai phần rõ rệt: phần "khung xương" - phần cứng và phần "thịt" - phần mềm. Phần "khung xương" chịu được sóng và dòng cuộn biển, được hình thành trước và đóng vai trò "trụ cột" cho rạn, theo đó rạn phát triển lên và đóng vai trò của một "thành lũy" bảo vệ phần "thịt" khỏi sự phá hủy của sóng và dòng cuộn biển. Phần "khung xương" cấu thành từ các đá khung san hô. Chúng là sản phẩm hóa đá tại chỗ của khung xương san hô chịu được sóng và dòng cuộn, sau khi chết dính kết với nhau bởi chất vôi của tảo vôi cộng sinh và bởi cacbonat canxi hữu cơ do hoà tan khung cốt san hô mà có. Kết quả, các khối đá san hô được hình thành ngay trên bề mặt đáy biển (trên bề mặt bằng rạn-bờ vòng, bề mặt sườn rạn và không nhiều ở trên bề mặt đáy vịnh). Phần "thịt" bao quanh phần "khung xương" được phân thành hai bộ phận. Bộ phận chính - bộ phận bên trong phần "khung xương" (phần "thịt" bên trong) và bộ phận phụ - bộ phận đắp phía ngoài phần "khung xương" (phần "thịt" bên ngoài). Phần "thịt" bên trong được phần "khung xương" bảo vệ trước hoạt động của sóng và dòng cuộn biển. Phần "thịt" này cấu thành chủ yếu từ các đá vụn san hô có nguồn gốc vịnh, thứ đến từ các đá khung xương của những san hô không chịu được sóng và dòng cuộn. Phần thịt bên ngoài do nằm ở độ sâu dưới đáy sóng nên không chịu sự phá hủy của sóng biển.

III-C. PHÂN LOẠI CÁC RẠN SAN HỒ

Cơ sở để phân loại các rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa: Bình đồ rạn; Nền móng - khối núi (dựa trên đó, theo đó rạn xuất hiện và lớn lên); Quan hệ với khối núi; Quan hệ với mực nước biển (cơ chế hình thành và phát triển); Xu thế phát triển của rạn trong tương lai. Phân loại theo nền móng rạn (lõi rạn): Nhóm các rạn có nền móng-lõi là một toà núi và Nhóm các rạn có nền móng là một dãy núi. Phân loại theo bình đồ rạn: Nhóm các rạn có bờ vòng cùng vụng trung tâm và Nhóm các rạn có đảo nổi đơn cùng thêm nước bao quanh. Nhóm thứ nhất được chia thành ba kiểu: Rạn có bờ vòng liền và luôn ngập chìm ngay cả khi triều kiệt; Rạn có bờ vòng đứt đoạn và mấp mé mực nước biển; Rạn có bờ vòng đứt đoạn và luôn nổi cao ngay cả khi triều kiệt. Phân loại theo quan hệ với khối-toà núi: Rạn viền, Rạn rào chắn và rạn đảo vòng. Phân loại theo mực nước biển: Rạn "bám đuôi", Rạn "bám sát" và Rạn "tự hậu". Phân loại theo xu thế phát triển: Rạn đang chịu phá hủy, Rạn ngưng phát triển và Rạn đang phát triển.

III-D. TÍNH ỔN ĐỊNH & BỀN VỮNG CỦA RẠN DO CẤU TRÚC RẠN

Rạn là một toà núi lớn có cấu trúc gồm hai phần : phần khung xương và phần thịt-phần lèn phần khung xương. Rạn có cấu trúc phân tầng (cấu trúc chồng chất lên nhau của các phần rạn, được hình thành ứng với những thời kỳ biển tiến). Mô hình cấu trúc trên của rạn là kiểu cấu trúc không đồng nhất- không liền khối. Ranh giới giữa các phần rạn làm giảm tính ổn định và độ bền vững của rạn so với khối núi có cấu trúc đồng nhất. Một khi bị tác động phá hủy, rạn có thể bị xê-toác theo ranh giới giữa phần khung xương và phần thịt, hay tách-trượt phần chông phía trên so với phần nằm phía dưới. Xét tổng thể, với cấu trúc không đồng nhất rạn san hô có tính ổn định và bền vững không cao.

Chương IV: CƠ CHẾ HÌNH THÀNH VÀ TIẾN HÓA RẠN SAN HỒ

IV-A. CƠ CHẾ HÌNH THÀNH CÁC RẠN SAN HỒ

Cơ chế hình thành rạn san hô được xây dựng trên cơ sở kết quả nghiên cứu vật liệu tạo rạn và nguồn cung cấp vật liệu tạo rạn; cấu trúc bên trong và bên ngoài của rạn; trật tự sắp xếp các đá tạo rạn và trên kết quả nghiên cứu chi tiết các loại rạn. Phân tích, tổng hợp các kết quả nghiên cứu trên cho phép giải quyết vấn đề liên quan đến điều kiện rạn san hô hình thành, các yếu tố quan ảnh hưởng, chi phối sự hình thành và phát triển của rạn san hô và cho phép mô phỏng tiến trình hình thành rạn san hô. Điều kiện hình thành rạn san hô: Sự hình thành của rạn san hô đòi hỏi phải có vật liệu san hô bao gồm khung cốt san hô và các mảnh vụn của chúng. Để có được vật liệu san hô phải có quần thể san hô tạo rạn (Hermatypic corals). Điều kiện tốt nhất để hình thành rạn chỉ có được ở vùng bãi nước nông biển khơi nên đáy macma, biến chất(đáy không gây đục) thuộc vùng biển nhiệt đới, nơi đây có đủ và thoả mãn các điều kiện về nhiệt độ, độ muối và ánh sáng để quần thể san hô tạo rạn sống và phát triển. Đến lượt mình quần thể san hô tạo rạn cung cấp vật liệu hình thành rạn. Như vậy, *chỉ có vật liệu cho san hô mới có rạn san hô, đây là điều kiện cần.* Các yếu tố chính chi phối sự phát triển rạn san hô: Quần thể san hô là nguồn cung cấp vật liệu cho rạn. Vật liệu cung cấp càng nhiều thì rạn càng lớn nhanh và ngược lại vật liệu cung cấp càng ít thì rạn lớn càng chậm và vật liệu không cung cấp thì rạn ngưng phát triển. Nguồn vật liệu san hô nhiều, ít phụ thuộc vào sự phát triển của quần thể san hô tạo rạn. Như vậy, sự phát triển của quần thể san hô ảnh hưởng trực tiếp đến nguồn cung cấp vật liệu tạo rạn hay *sự phát triển của quần thể san hô tạo rạn là yếu tố chi phối sự phát triển-lớn lên của rạn san hô.* Sự phát triển của quần thể san hô tạo rạn tùy thuộc vào sự thay đổi (dao động) mực nước biển. Sự dâng cao mực nước biển kích thích sự vươn lên của quần thể san hô tạo rạn, còn sự hạ thấp xuống thì ngược lại quần thể san hô bị tiêu diệt. Từ đây sự thay đổi mực nước biển ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển, lớn lên của quần thể san hô tạo rạn và dẫn đến sự phát triển của rạn. Như vậy, có thể nói *sự thay đổi(dao động) mực nước biển một cách gián tiếp chi phối sự phát triển rạn san hô thông qua quần thể san hô tạo rạn.* Trên thực tế còn xảy ra điều tương tự, bởi sự dâng, hạ mực nước biển còn do sự nâng, hạ đáy biển nơi quần thể san hô tạo rạn sống và phát triển- chính là nơi rạn san hô hình thành. Như thế, *sự nâng hạ đáy biển cũng chi phối sự phát triển của rạn san hô.* Rạn san hô chỉ được hình thành từ độ sâu không quá 45m và phát triển, lớn lên không nhô cao khỏi mặt nước biển. Điều này gần như quy luật tự nhiên. Như đã thấy rạn san hô là sản phẩm của quần thể san hô, mà quần thể san hô tạo rạn chỉ sống ở dưới mặt nước biển (không nhô cao khỏi mặt biển) và ở độ sâu không quá 45m. Như vậy, thế giới san hô tạo rạn trực tiếp định đoạt sự hình thành và phát triển rạn; còn khối núi ngoài biển - đảo (kể cả sự nâng hạ của khối núi) và sự dao động của mực nước biển thì ảnh hưởng gián tiếp đến sự hình thành và phát triển của rạn thông qua điều chỉnh độ sâu cột nước biển, nhằm tạo ra những vùng nước sâu thích hợp để thế giới san hô tạo rạn phát triển. theo sau đó là sự hình thành và phát triển (lớn lên)

của rạn. **Tiến trình hình thành và phát triển rạn san hô:** Trật tự hình thành và phát triển các phần-bộ phận của một rạn san hô. Phân tích khả năng sống của các loài san hô tạo rạn, phân tích cấu trúc bên trong và cấu trúc bên ngoài cũng như trật tự sắp xếp các đá tạo rạn liên quan đến sự phát triển của rạn, có thể thấy phần khung xương rạn bao giờ cũng hình thành và phát triển trước. Phần thịt rạn hay phần lèn (*the interstitial proportion*) giữa khung xương bao giờ cũng hình thành và phát triển theo sau phần khung xương. Phần khung xương hình thành và phát triển trước để phần thịt rạn phát triển sau dưới sự che chở của phần khung xương khỏi sự phá hủy của sóng và dòng cuộn biển. Phần khung xương bao gồm bộ phận mào rạn, bộ phận mặt trước rạn và bộ phận mặt bằng rạn. Bộ phận mào rạn cấu thành từ khung cốt các loài san hô chịu được thủy động lực mạnh-sóng và dòng cuộn mạnh. Ở mào rạn các đá khung san hô chiếm 80% - 90%, còn các đá vụn san hô chỉ chiếm 10% - 20%. Mặt bằng rạn cấu thành từ khung cốt các loài san hô chịu được thủy động lực vừa - sóng và dòng cuộn vừa. Ở mặt bằng rạn các đá khung san hô chiếm từ 50%-70%; các đá vụn san hô chiếm từ 30% - 50%. Mặt trước rạn cấu thành từ sản phẩm khung san hô chịu được thủy động lực vừa và mạnh - sóng và dòng cuộn vừa và mạnh. Ở bộ phận mặt trước rạn, các đá khung san hô chiếm 60% - 80%, các đá vụn san hô chiếm 20% - 40%. Trong số các bộ phận của khung xương thì mào rạn là bộ phận phát triển tiên phong - là mũi nhọn. Ở bất kỳ thời kỳ nào, giai đoạn nào của mực nước biển, mào rạn luôn chiếm vị trí cao nhất, cao hơn so với hai bộ phận kia và luôn chịu đầu sóng ngọn gió. Bao giờ mào rạn cũng phát triển trước tiên, theo sau là mặt bằng rạn và mặt trước rạn phát triển dưới sự che chở của mào rạn khỏi sự phá hủy mạnh của hoạt động sóng và dòng cuộn biển. **Mô hình tổng thể trật tự hình thành và phát triển các phần - bộ phận của một rạn san hô:** Rạn san hô phát triển lên phía trên (lớn lên) trong sự dâng của mực nước biển. Ở mỗi vị trí dâng của mực nước biển, có một phần của rạn san hô được hình thành với đầy đủ khung xương rạn (bao gồm mào rạn, mặt trước rạn và mặt bằng rạn) và phần thịt rạn. Phần thịt gồm phần phía trong khung xương và phần vây phía ngoài khung xương. Ở vị trí mực nước biển sau cao hơn vị trí trước, một phần mới nữa lại được hình thành, chồng tiếp lên trên phần đã được hình thành trước đó. Tiếp đến, vị trí dâng cao hơn nữa của mực nước biển, phần rạn khác nữa lại được hình thành. Cứ thế, ứng với mỗi vị trí dâng của mực nước biển một phần rạn được hình thành. Kết quả, các phần rạn được tạo ra và chồng chất lên nhau trong sự dâng lên liên tục của mực nước biển. Trong điều kiện thuận lợi quần thể san hô tạo rạn lớn lên - phát triển luôn kịp tốc độ dâng mực nước biển, và như thế mực nước biển dâng cao lên bao nhiêu thì rạn lớn lên bấy nhiêu. Để dễ khái quát, ở đây phân ra thành các vị trí dâng của mực nước biển. Điều này tạo ra cảm giác là rạn được phân ra thành từng khúc, theo các phần hình thành ứng với những vị trí dâng mực nước biển. Tuy nhiên, trong thực tế các vị trí của mực nước biển thường không rõ ràng trong bối cảnh dâng liên tục trừ những trường hợp trong quá khứ mực nước biển thay đổi rõ rệt hoặc ngưng dâng lên hoặc thay đổi dâng bằng hạ xuống thì vị trí mực nước biển được nhận biết - phân định rõ bởi những biến cố. Như thế bao giờ cũng để lại dấu ấn rõ rệt trong lịch sử địa chất và trong cấu trúc rạn san hô. Còn ở đây, xem xét các vị trí mực nước biển trong xu thế dâng liên tục, chỉ phối sự phát triển rạn và chỉ là những vị trí tương đối và thường không phân định được một cách rõ ràng. Cũng chính vì thế, ranh giới các phần rạn được tạo ra chồng chất lên nhau khó phát hiện, có lẽ do tính kế thừa và do sự hòa lẫn giữa chúng, bởi chúng tương đồng nhau và chuyển tiếp từ từ lên nhau. **Mô hình tổng thể tiến trình hình thành và phát triển rạn san hô:** Dựa vào kết quả xem xét, phân tích điều kiện hình thành cùng các yếu tố chi phối sự hình thành và phát triển rạn san hô có thể đưa ra mô hình tổng thể tiến trình hình thành và phát triển rạn san hô. Điểm khẳng định tiến trình này chỉ diễn ra ở vùng biển miền nhiệt đới và nơi có vùng nước sạch và nông (với độ sâu cột nước < 45m). Vùng nước nông và sạch ở miền nhiệt đới có thể thấy ở các trường hợp sau: **Trường hợp thứ nhất:** phần ngập nước (từ vài cm đến 45m) của sườn núi ngoài biển - tạo nên vùng nước nông sạch. **Trường hợp thứ hai:** mặt đỉnh bằng của núi ngầm cách mặt biển từ 45m đến vài cm - tạo nên vùng nước nông và sạch. Ở trường hợp thứ nhất tiến trình hình thành và phát triển rạn san hô diễn ra trong xu thế dâng mực nước biển (hoặc do chân tĩnh hoặc do đảo núi sụt lún) và có thể phân thành 3 giai đoạn chính.

Giai đoạn I: Thoạt đầu quần thể san hô tạo rạn phát triển bám vào phần ngập nước của sườn đảo núi (đảo núi có thể là một tòa núi, có thể là một dãy núi liên kết từ hai tòa núi trở lên) khi chết đi san hô để lại khung cốt, tạo nên các đá khung san hô-dây chính là phần khung xương rạn. Phần rạn được hình thành ở giai đoạn đầu này, được gọi là rạn viền (*fringing reef*).

Giai đoạn II: Mực nước biển dâng (hay đảo núi chìm dần) quần thể san hô tạo rạn mọc vươn lên thẳng tới theo mực nước biển. Do sườn núi vát vào trong thân và do san hô vươn thẳng đứng nên càng lên phía trên khoảng cách giữa đảo núi và quần thể san hô ngày càng giãn ra. Kết quả, một dải

nước ngăn cách giữa đảo núi và quần thể san hô được tạo ra. Quần thể san hô chết đi để lại khung cốt-tạo thành các đá khung san hô. Chúng hình thành nên phần khung xương mới của rạn ở giai đoạn II. Giai đoạn này được xác định bằng mốc khi đảo núi và phần khung xương rạn tách biệt nhau bởi một dải nước nông dạng vụng bao quanh đảo núi. Dải nước nông này nằm giữa đảo núi và phần rạn mới. Như vậy, sang giai đoạn II phần khung xương rạn chồng lên phần khung xương rạn ở giai đoạn I. Điều đặc biệt là ở giai đoạn này phần thịt rạn được hình thành từ đá vụn san hô, mà tích tụ - tích góp ở dải nước nông nằm giữa phần khung xương rạn của giai đoạn II và đảo núi. Phần rạn-phần khung xương được hình thành ở giai đoạn hai này được gọi là rạn rào chắn (*barrier reef*). Tên rào chắn do nó nằm phía ngoài đảo núi và chắn sóng cho đảo núi). Ở vụng giữa rào chắn và đảo núi thì lạng hơn ngoài biển nên bắt đầu hình thành phần thịt rạn

Giai đoạn III: Được đánh dấu bằng mốc khi đảo núi chìm ngập hoàn toàn dưới mặt biển trong xu thế mực nước biển tiếp tục dâng. Kết quả một vùng nước phía trên nóc đảo núi được hình thành. Quần thể san hô vươn lên thẳng đứng vây quanh vùng nước phía trên đảo núi. Quần thể san hô vây quanh này khi chết đi để lại khung cốt san hô mới. Khung cốt san hô giai đoạn III tạo ra phần khung xương rạn mới bao quanh vùng nước bên trong. Vì thế vùng nước bên trong này được gọi là vùng trung tâm. Rạn bao quanh vùng trung tâm được gọi là rạn có bờ vòng với vùng trung tâm. Phần thịt rạn ở giai đoạn này tiếp tục được hình thành kế thừa từ giai đoạn trước và hình thành mới trong vùng trung tâm. Phần thịt gồm các đá vụn san hô tích tụ-tích góp bên trong phần khung xương giai đoạn III. Ở giai đoạn III, rạn hình thành được gọi là rạn với bờ vòng (*reef with annular rim*). [Khi rạn với bờ vòng bị hong khô (nhô cao trên mặt biển) thì bờ vòng chịu phá hủy đầu tiên và đứt thành từng khúc-đoạn. Mỗi khúc đoạn sót lại của bờ vòng là một đảo nổi. Kết quả rạn đảo vòng (*Atoll*) được hình thành, chính là rạn với các đảo nổi vây quanh vùng trung tâm].

IV-B. TIẾN HÓA RẠN SAN HÔ

IV.B-1 Tổng quan các công trình nghiên cứu:

Theo Chappel và Shackleton, lần gian băng cuối cùng (*The last interglaciation*) đã xảy ra 125.000 năm trước đây và lần băng hà cuối cùng (*The last glaciation*) đã diễn ra cách đây 18.000 năm (tuổi phóng xạ cacbon). Mỗi đây nhất, khi nghiên cứu thêm Sunda ông Hanebuth đã đưa ra nhận định đợt biển tiến sau lần băng hà cuối cùng cách ngày nay khoảng 21.000 năm (tuổi phóng xạ Urani). Sau lần băng hà cuối cùng, xảy ra đợt biển tiến mạnh mẽ. Sự dâng mực nước biển trong thời gian biển tiến hậu băng hà (*the postglacial marine transgression*) đã diễn ra với tốc độ nhanh (Fairbanks, 1989; Chappel & Polach, 1991; Eisenhauser et al. 1993) và có thể phân thành 3 giai đoạn. Mực nước biển dâng với tốc độ nhanh vào thời kỳ đầu (từ 18.000 đến 8.000 năm trước đây). Ở thời kỳ tiếp theo (từ 8.000 đến 6.000 năm trước đây) tốc độ dâng của mực nước biển có phần giảm đi và chững lại. Tiếp đến, mực nước biển hạ xuống vào thời kỳ tiếp theo (từ 6.000 năm đến ngày nay). Như vậy, trong suốt thời gian từ 18.000 năm đến ngày nay, mực nước biển thay đổi theo 3 xu thế: Thoạt đầu xu thế dâng nhanh kéo dài suốt khoảng 10.000 năm (từ 18.000 năm đến 8.000 năm), tiếp đến xu thế dâng chậm lại xảy ra khoảng 2.000 năm (từ 8.000 năm đến 6.000 năm) và cuối cùng là xu thế hạ xuống kéo dài khoảng 6.000 năm (từ 6.000 năm đến ngày nay). Ba giai đoạn thay đổi mực nước biển toàn cầu kể từ sau băng hà cuối cùng đến nay được nhiều nhà khoa học chấp nhận, đặc biệt các nhà khoa học nghiên cứu các rạn san hô ở Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương. Tuy nhiên, khoảng thời gian kéo dài của mỗi giai đoạn có khác nhau chút ít. Theo Woodroffe và nnk (1990), sau khi nghiên cứu một số đảo san hô cho rằng giai đoạn 2 kéo dài từ 8.000 năm đến 4.500 năm trước ngày nay, còn giai đoạn 3 kéo dài từ 3.000 năm đến ngày nay. Giữa giai đoạn 2 và giai đoạn 3 theo họ còn một giai đoạn nữa, từ 4.500 năm đến 3.000 năm. Mực nước biển ở giai đoạn này gần như chững lại và ít thay đổi.

IV.B-2 Phân tích nguồn tài liệu thực tế

Như ở phần trên đã trình bày một cách tổng thể về sự hình thành và phát triển của các rạn san hô gắn chặt với quần thể san hô tạo rạn và dao động mực nước biển; về những dẫn liệu minh chứng cho sự tiến hóa theo giai đoạn của các rạn san hô ở Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương. Còn ở biển Trường Sa các rạn san hô đã phát triển tiến hóa như thế nào? Ở đây sẽ đưa ra nhận định sơ bộ về lịch sử tiến hóa trên cơ sở tập hợp các thông tin, dữ liệu, số liệu mới thu thập được trong thời gian vừa qua, tuy chưa đầy đủ, xong cũng đủ để phác thảo được bức tranh tiến hóa, cần thiết cho công tác nghiên cứu hoàn thiện sắp tới. Nhìn lại lịch sử địa chất biển Đông Việt Nam và các vùng kế cận có thể thấy chắc chắn các rạn san hô đã hình thành và phát triển từ lâu, đầu đó hàng triệu năm trước đây (?). Những dẫn liệu sau đây cho thấy điều đó. Ít nhất suốt từ 8 triệu năm đến ngày nay vùng Trường Sa luôn là vùng biển

khơi và biển á khơi. Địa tầng trầm tích biển khơi (*Pelagic sediments*) và trầm tích á biển khơi (*Hemipelagic sediments*) dày tới 500m trong mặt cắt của lỗ khoan sâu vừa được thực hiện bởi Chương trình Khoan Đại dương (ODP) vào tháng 3/1999 tại vùng biển Trường Sa tọa độ 9°21'713"N, 113°17'119"E. Lỗ khoan được tiến hành ở đáy biển có độ sâu cột nước 2773,5m và xuyên địa tầng từ Miocene muộn đến ngày nay ~ 8 triệu năm. Mặt khác, kết quả khảo sát Địa vật lý cho thấy địa tầng đá vôi san hô ở các rạn đây 320-590m. Nằm dưới địa tầng đá vôi này là nền móng rạn, có thể là đá núi lửa (?). Độ dày này chắc chắn đã được tích góp không phải chỉ hàng trăm ngàn năm mà phải vài triệu năm. Mặc dù chưa có địa tầng lỗ khoan sâu kiểm chứng, nhưng có thể tin cậy được bởi trong cấu trúc của nhiều rạn san hô ở Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương địa tầng đá vôi san hô có độ dày từ vài trăm mét đến 1000m nằm trên nền móng đá núi lửa, như Funafuti (550m), Cocos (360m), Midway (400m), Tuamotou (400m), Marshall (1000m); còn các rạn ở Trường Sa là 320 - 590m.

Dẫn liệu khác liên quan đến thềm Sunda, vùng thềm rộng nhất trên trái đất (diện tích 1,8 triệu km²) nguyên là lục địa suốt thời gian mực biển Pleistocene muộn ở vị trí thấp (băng hà cuối cùng). Đây là miền châu thổ khổng lồ nằm dọc theo bờ Tây nam của biển Đông Việt Nam được hình thành bởi hai hệ thống sông lớn: Hệ thống sông Molengraaff và hệ thống sông Mekong cổ. Khi nghiên cứu lịch sử tiến hóa thềm Sunda các nhà khoa học thế giới và Đức đã đưa ra nhận định vào thời kỳ băng hà cuối cùng (cách đây 18.000 năm tuổi phóng xạ cacbon hay 21.000 năm tuổi phân rã urani) mực nước biển hạ xuống vị trí thấp nhất khoảng 120m so với mực nước biển ngày nay (*Molengraaff và Weber, 1920; Molengraaff, 1922; Dickerson, 1941; Tjia, 1980; Sarnthein et al, 1994*). Vào thời kỳ biển tiến sau băng hà mực nước biển dâng cao trở lại và đạt cực đại (khoảng 6.000 năm trước đây) tới vị trí cao nhất, cao hơn ngày nay khoảng 5m (*Greyh et al, 1979; Tjia et al, 1977; Fontaine và Delibrias, 1974; Pirazzoli, 1991*). Dẫn chứng về thềm Sunda càng khẳng định vào thời kỳ mực nước biển thấp nhất - băng hà cuối cùng vùng Trường Sa nằm phía ngoài thềm Sunda đã vẫn là biển. Khi nghiên cứu địa tầng các lỗ khoan nông ở các rạn Trường Sa Lớn, đảo Nam Yết (Rạn Ba Bình - Nam Yết) và rạn Đá Tây phát hiện thấy gián đoạn trầm tích rõ rệt (*discontinuity*). Nằm dưới mặt gián đoạn là đá vôi san hô kết tinh, nằm trên nó là đá dăm, sạn, tầng, cuội càn san hô. Ở rạn Đá Tây gián đoạn trầm tích bất gập ở độ sâu khoảng 13,4 - 17,4m dưới mực biển hiện đại. Ở rạn Trường Sa gián đoạn trầm tích bất gập ở độ sâu khoảng 8,64 - 11,43m, còn ở đảo Nam Yết khoảng 8,5m. Nghiên cứu các khoáng vật cacbonat trong các đá thuộc địa tầng lỗ khoan ở rạn Trường Sa cho thấy hàm lượng của chúng đột ngột thay đổi ở đoạn 11,5 - 12,6m, đáng chú ý ở đoạn địa tầng này khoáng vật Aragonite giảm mạnh, khoáng vật Dolomite cũng có hàm lượng thấp hẳn.

IV.B-3 Nhận định về lịch sử tiến hóa các rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa:

Các loài san hô tạo rạn đã xuất hiện và phát triển ở đại dương thế giới từ 50 triệu năm trước đây. Vùng biển Trường Sa đã luôn là vùng biển khơi - á biển khơi suốt từ 8 triệu năm đến nay và luôn là biển nhiệt đới. Trong điều kiện biển Trường Sa khơi - á biển khơi nên rất có thể các rạn san hô đã được hình thành từ 8 triệu năm trước đây. Có thể điếm qua một số giai đoạn - thời kỳ quan trọng gắn đây trên cơ sở nguồn tài liệu hiện có: **1- Giai đoạn – thời kỳ từ 125.000 năm trở về trước và trước nữa:** Các rạn san hô Trường Sa chắc chắn đã trải qua nhiều giai đoạn phát triển và phá hủy. Mỗi giai đoạn đánh dấu bằng mốc băng hà và gian băng. *Giai đoạn phát triển* nằm giữa mốc băng hà và gian băng (ứng với giai đoạn biển tiến). *Giai đoạn phá hủy* nằm giữa mốc gian băng và băng hà (ứng với giai đoạn biển thoái). Rất tiếc do chưa có lỗ khoan sâu xuyên địa tầng đá vôi san hô (thân rạn) đến tận nền móng, trên đó rạn phát triển, nên chúng ta chưa có đủ điều kiện - số liệu để xác định các giai đoạn phá hủy cổ, các mặt xói mòn - rửa lữa cổ, bất chỉnh hợp hòa tan cổ. Tuy nhiên bằng lỗ khoan nông ở rạn Trường Sa, rạn Đá Tây và rạn Ba Bình - Nam Yết (đảo Nam Yết) đã phát hiện thấy mặt xói mòn - rửa lữa gần đây nhất vào thời kỳ băng hà cuối cùng. Vào chính gian băng cuối cùng (125.000 năm trước ngày nay) các rạn san hô phát triển rực rỡ và tồn cao theo mực nước biển dâng. Trong số chúng, có các rạn phát triển đạt cực đại như rạn Trường Sa Lớn, rạn Ba Bình - Nam Yết, Song Tử và Sinh Tôn. Chúng luôn bám kịp mực nước biển dâng và được xếp vào nhóm rạn bám sát cổ (*ancient keep-up reefs*). Bề mặt các rạn bám sát này ở mốc thời gian 125.000 năm đạt đến độ cao xấp xỉ hoặc hơn mực biển ngày nay chút ít. Một số rạn khác phát triển chưa đạt cực đại (rạn Tốc Tan, Đá Đông và Đá Tây). Chúng luôn phải đuối theo mực biển dâng (cách vài mét đến 5 m) và được xếp vào nhóm các rạn bám đuối cổ (*ancient catch-up reefs*). Các rạn còn lại như rạn Đá Lát, Phan Vinh, Núi Le, Tiên Nữ, Đá Lớn và rạn Thuyền Chài phát triển chậm không đuối kịp mực biển dâng luôn cách mực biển khoảng 5 - 10m và được xếp vào nhóm các rạn tụt hậu cổ (*ancient give-up reefs*). **2- Thời kỳ sau gian băng cuối cùng đến băng hà cuối cùng:** (125.000-18.000 năm) Vào thời kỳ này mực nước biển hạ, từ mức cao

nhất (ngang hoặc cao hơn chút ít mực biển ngày nay) xuống mức thấp nhất (tới vị trí thấp hơn mực biển ngày nay 120m), vì thế tất cả các rạn san hô bám sát, bám đuôi và tut hậu đều nổi cao trên mực biển, chịu hong khô và bị phá hủy-xói mòn, rửa lữa (hòa tan các đá vôi san hô) và đều bị chặt cụt với tỉ lệ gần như nhau trong suốt thời gian dài từ 125.000 năm đến 18.000 năm trước ngày nay. **3-Thời kỳ sau băng hà cuối cùng đến mốc thời gian 6.000 năm trước ngày nay:** (18.000-6.000 năm) Vào thời kỳ này mực nước biển dâng cao do băng tan tạo nên đợt biển dâng sau băng hà. Mực biển dâng từ mức thấp nhất (120m dưới mực biển hiện nay) đến mức cao nhất (5m cao hơn mực biển hiện nay), các rạn san hô vào thời kỳ này có cơ hội phát triển trở lại mạnh mẽ. Do lợi thế về chiều cao nên các rạn bám sát ở thời kỳ gian băng cuối cùng, tiếp tục có cơ hội phát triển bám sát mực biển dâng và đạt độ cao lớn nhất, cao hơn mực biển ngày nay khoảng 5m (cơ hội đó là mực nước biển vào thời gian 6.000 năm trước đây cao hơn mực biển ngày nay khoảng 5-6m). Các rạn bám đuôi không có lợi thế về chiều cao nên phát triển luôn bám đuôi theo mực biển, luôn nằm dưới mực biển và vào thời gian 6.000 năm trước ngày nay nằm cách mực biển lúc đó khoảng vài mét đến >5m. Các rạn tut hậu cổ không có lợi thế về chiều cao nên luôn nằm dưới sâu mực biển và vào thời gian 6.000 năm trước nằm cách mực biển khoảng 5 - 10m. **4-Thời kỳ từ mốc thời gian 6.000 năm trước đây đến ngày nay** (6.000-0): Vào thời kỳ này mực nước biển hạ xuống từ vị trí cao nhất (5-6m cao hơn mực biển hiện đại) xuống mức thấp (ở vị trí như ngày nay - mực biển hiện nay). Các rạn san hô nguyên là các rạn bám sát ở thời kỳ trước (rạn Ba Bình - Nam Yết, Sinh Tồn, Song Tử và Trường Sa lớn) nay chịu phá hủy do bị nhô lên khỏi mực nước biển (nhô cao ~5m) trong xu thế mực biển hạ. Hiện nay chúng trở thành rạn tut hậu (kiểu chặt cụt)-rạn tut hậu hiện đại (*modern keep-up reefs or modern truncated reefs*) [hay rạn đảo vòng (Atoll)]. Những rạn san hô nguyên là rạn bám đuôi ở thời kỳ trước (rạn Tốc Tan, Đá Đông và Đá Tây) nay có cơ hội phát triển và bám sát mực biển (vì mực biển hạ xuống) để trở thành rạn bám sát như hiện nay - rạn bám sát hiện đại (*modern keep-up reefs*) [hay rạn có bờ vòng đứt đoạn và vùng trung tâm]. Còn các rạn nguyên là rạn tut hậu (kiểu không phát triển, chứ không phải kiểu chặt cụt-phá hủy) ở thời kỳ trước, nay có dịp để phát triển- đuôi theo mực biển và để vào thời điểm hiện nay trở thành rạn bám đuôi-rạn bám đuôi hiện đại (*modern catch-up reefs*) [hay rạn có bờ vòng liền và vùng trung tâm] và trong tương lai chúng sẽ trở thành rạn bám sát nếu mực biển hiện đại vẫn sẽ giữ nguyên vị trí hay thay đổi ít.

Về tổng thể, có thể thấy lịch sử tiến hóa các rạn san hô ở vùng biển Trường Sa diễn ra qua 4 giai đoạn. Giai đoạn 1: (kết thúc ở mốc gian băng cuối cùng). Các rạn san hô phát triển mạnh do mực biển dâng cao xấp xỉ hay cao hơn chút ít mực biển hiện đại (giai đoạn biển tiến). Giai đoạn 2: Các rạn san hô ngưng phát triển, bị hong khô và chịu phá hủy (giai đoạn biển thoái). Giai đoạn 3: Các rạn san hô phát triển trở lại (giai đoạn biển tiến). Giai đoạn 4: Một số rạn thì tiếp tục phát triển (vì còn nằm sâu dưới mực biển) và một số khác thì ngưng phát triển (vì đã bám sát mực biển), số còn lại bị hong khô chịu phá hủy [vì nằm cao hơn mực biển] (giai đoạn biển thoái và chững lại). Ở thời điểm hiện nay các rạn tiếp tục phát triển là các rạn bám đuôi hiện đại: Đá Lát, Phan Vinh, Núi Le, Tiên Nữ, Đá Lớn và Thuyền Chài. Các rạn ngưng phát triển là các rạn bám sát hiện đại: Tốc Tan, Đá Đông, Đá Tây. Các rạn hong khô và chịu phá hủy là các rạn tut hậu hiện đại - kiểu chặt cụt: Ba Bình - Nam Yết, Sinh Tồn, Song Tử, Trường Sa Lớn.

Chương V: RẠN ĐÁ TÂY

V-A. HÌNH THÁI HỌC

V-A.1 Hình dáng rạn Đá Tây ở mặt phẳng ngang- bình diện:

Rạn Đá Tây là một rạn san hô có bờ vòng đứt đoạn hình bầu dục kéo dài theo hướng ĐB - TN, với chiều dài khoảng 10,5km, chiều rộng 5-6km và diện tích 40,14km² trong đó bờ vòng: 7,43km² và vùng trung tâm 32,71km². Phần cao nhất của rạn +2,4 m. Vùng có dạng bầu dục kéo dài 7km theo hướng ĐB - TN và rộng 3 - 4km. Trên bình đồ nổi rõ một số khúc bờ hay còn gọi là cụm.

Khúc bờ nổi Đông Bắc-Cụm đông bắc của rạn (còn gọi là Đá Tây A): Diện tích khúc bờ này ~ 0,32km², dài ~ 2,5km, rộng ~ 0,6 km và cao độ +2,4m (tại đảo). Hình dạng và cao độ luôn thay đổi theo mực thủy triều lên xuống. Trong đó phần luôn nổi có chiều dài khoảng 50m, rộng khoảng 30m. Phần lộ ra khi triều kiệt dài >100m và rộng 50-70m. Địa hình bề mặt không bằng phẳng do có mặt các tầng đá, các gò-gờ cuội, tảng, sạn và cát; các vũng-trũng nhỏ. Mép ngoài phía biển phân chuyển sang sườn rạn, thì có nhiều hang hốc, khe rãnh xói mòn của hoạt động biển. Mép trong phía vùng chuyển sang sườn vùng thoái, có địa hình thoải ít các gò-gờ và vũng-trũng nhỏ

Khúc bờ nổi lập lờ Tây Nam-Cụm Tây Nam (còn gọi là Đá Tây B): Có cao độ âm (-)0,1 đến (-)0,2m, khi triều lên bị ngập chìm hoàn toàn, khi triều kiệt mấp mé mực biển. Địa hình bề mặt không bằng phẳng do sự có mặt của những vũng-trũng nhỏ, các khối đá san hô và những gờ-gờ trầm tích. Địa hình mép ngoài phía biển và mép trong phía vụng tương tự như khúc bờ Đông Bắc.

Khúc bờ nổi lập lờ Bắc-Cụm Bắc (Đá Tây C): Có diện tích hẹp hơn so với hai khúc trên. Cũng như Đá Tây B, đây là khúc bờ bị ngập hoàn toàn khi triều lên, còn khi triều kiệt cũng có chỗ cạn, chỗ ngập. Địa hình bề mặt cũng không bằng phẳng do sự có mặt của những khối đá san hô lộ rõ khi triều rút và những vũng-trũng nhỏ. Địa hình bề mặt và đặc điểm mép phía biển và mép phía vụng tương tự như các khúc bờ trên.

Khúc bờ lập lờ Nam-Cụm Nam: Đây là khúc bờ luôn ngập kể cả khi triều kiệt. Địa hình bề mặt tương đối bằng phẳng bị phủ bởi lớp trầm tích vụn cuội sạn và cát.

Trên phòng chung mặt đỉnh rạn nổi rõ một bờ vòng (*rim*) đứt đoạn bao lấy một vụng với độ sâu từ vài mét đến 25m. Vụng này thông với biển khơi bằng các lạch.

V-A.2 Hình dáng rạn Đá Tây ở mặt phẳng đứng - thiết diện:

Rạn san hô Đá Tây có dáng hình nón cụt. Bề mặt đỉnh rạn hơi lõm và bị chạm khắc bởi hoạt động của biển, bởi quá trình tích tụ vật liệu và bởi sự tồn tại, phát triển của quần thể san hô. Mặt đỉnh rạn bị chi phối bởi cả quá trình tích tụ-xói mòn và bởi cả hoạt động sống của sinh vật san hô. Nó được xây dựng, tôn tạo từ vụn san hô và khung xương san hô tại chỗ. Về bản chất, bề mặt rạn mang đặc tính của địa hình tích tụ-mài mòn và kế thừa tư thế mọc của san hô. Đặc biệt, ở phần trung tâm của mặt đỉnh rạn tồn tại vụng. Vụng này là kết quả của sự tiến hóa rạn. Sườn rạn dốc và được cấu thành từ khung xương san hô hóa đá tại chỗ. Về bản chất, sườn rạn là sản phẩm của san hô và kế thừa tư thế mọc của san hô. Ngoài sườn rạn, còn có cánh của rạn-phần đắp thêm vào sau khi đã có sườn rạn. Cánh rạn thì thoải và về bản chất, bị chi phối bởi quá trình tích tụ - bồi đắp thêm.

V-B. CẤU TRÚC

V-B.1 Cấu trúc bên ngoài:

Cấu trúc bên ngoài rạn Đá Tây gồm sườn rạn phía biển, mặt trước rạn, mào rạn, mặt bằng rạn, mặt sau rạn hay sườn rạn phía vụng, đáy vụng trung tâm. Sườn rạn phía biển là một vách dốc đứng, đôi đoạn ngắn thoải (chân sườn). Chân sườn được phủ lờ tích. Sườn bắc thoải hơn sườn nam (theo kết quả khảo sát địa vật lý). Mặt trước rạn, đây là phần trên cùng của sườn rạn phía biển, kéo dài lên đến tận mép ngoài của rạn từ độ sâu ~ 20 m, nơi kết thúc sự phát triển phong phú của quần thể san hô. Mào rạn là nơi rạn gấp khúc rõ rệt của sườn ở rìa phía biển (chính là mép ngoài của mặt bằng rạn). Mào rạn nằm ở phần đỉnh của mặt trước rạn. Mặt bằng rạn kéo từ đầu sườn phía biển đến đầu sườn phía vụng. Mặt bằng rạn là một nền bằng đá cứng bị phủ bởi các mảnh vụn san hô- cát san hô và bị hong khô hay sập nước khi triều kiệt. Trên mặt bằng rạn có các vũng nông, các rãnh, các đảo, các gờ-gờ trầm tích vụn và rải rác các cụm san hô, ngấn mấp, khỏe mạnh. Mặt bằng rạn hơi nghiêng về phía vụng trung tâm. Mặt sau rạn hay sườn rạn phía vụng là phần rạn từ nơi uốn khúc rõ rệt thứ nhất của sườn về phía vụng đến nơi uốn khúc rõ rệt thứ hai (nơi chuyển sang đáy vụng). Mặt sau rạn bị phủ bởi các trầm tích vụn cuội, sạn và cát thô với mức độ mài nhẵn kém hơn so với mặt bằng rạn. Ở đây, thưa thớt các cụm san hô dạng ống, dạng củ, khối, san hô cành và san hô tổ ong kích cỡ lớn. Đáy vụng trung tâm có dạng lòng chảo và địa hình phân bậc. Nhìn chung, đáy vụng khá thoải và bị phủ bởi các trầm tích vụn mịn ($Md < 0,05$ mm) và rải rác các cụm san hô cành thanh mảnh, giòn dễ gãy (loài san hô mọc nhanh hơn tốc độ tích tụ trầm tích). Các khối tảng đá san hô dạng tháp cao trên dưới 1m nằm phân bố rải rác ở trung tâm đáy vụng.

Trên sơ đồ mặt cắt ngang rạn (theo hướng Đông - Tây) thấy rõ một số sự khác biệt sau: Mặt trước rạn và sườn rạn phía vụng ở khúc bờ Đá Tây A có địa hình dốc hơn so với khúc bờ Đá Tây B. Mặt bằng rạn ở khúc bờ Đá Tây A có cao độ lớn hơn, có đảo cát nổi, nhưng lại hẹp hơn so khúc bờ phía Đá Tây B. Bề mặt đáy vụng không bằng phẳng bởi sự có mặt của nhiều khối đá san hô nhỏ trên mặt đáy và các hố-trũng. Đặc biệt, ở phần bắc vụng có các khối đá nhỏ cao trên đáy thậm chí gần sát mặt nước.

* Các lạch tự nhiên thông vụng trung tâm với biển (xem phần VI-3.b: các lạch ở rạn Đá Tây)

V-B.2 Cấu trúc bên trong:

Cấu trúc rạn Đá Tây về cơ bản như mô hình cấu trúc chung của các rạn san hô ở QĐTS. Phần khung xương thể hiện trên bình đồ là bờ vòng và cấu thành chủ yếu từ các đá khung san hô. Phần thịt -

phần thân trong cấu thành từ các đá vụn san hô, đã được tích tụ trong điều kiện vụng. Mô hình khối rạn Đá Tây là một tòa núi vĩ đại với đỉnh tương đối bằng và sườn dốc đứng. Đỉnh rạn được xem là tương đối bằng với địa hình đan xen của phần lồi và phần lõm. Phần lồi có cao độ trung bình (-)15m - 20m và ở dạng vụng. Vụng bị bao quanh bởi phần lồi có cao độ trung bình $0 \pm (-)2m$. Phần lồi ở dạng bờ vòng. Bờ vòng bị đứt đoạn - phân khúc để tạo nên các phần nổi - khúc bờ nổi, lập lờ khi triều kiệt và các phần chìm cùng các lạch xen giữa những phần nổi. Tòa núi vĩ đại Đá Tây có sườn dốc đứng ở các mặt đặc biệt mặt Tây Nam và mặt Đông Nam. Riêng ở mặt Tây Bắc, sườn dốc phân bậc với đoạn ngắn thoải. Ở sườn Đông Bắc còn có cánh rạn. Cánh rạn là phần đắp thêm vào sườn rạn và cấu thành chủ yếu từ đá vụn san hô được tích tụ trong điều kiện đáy biển. Cánh rạn có tư thế thoải bởi kế thừa cấu trúc bồi tích.

Rạn Đá Tây còn có cấu trúc phân tầng. Tính phân tầng thể hiện ở bề mặt xói mòn gặp ở độ sâu từ (-)13 đến (-)17m so với mực nước biển hiện đại.

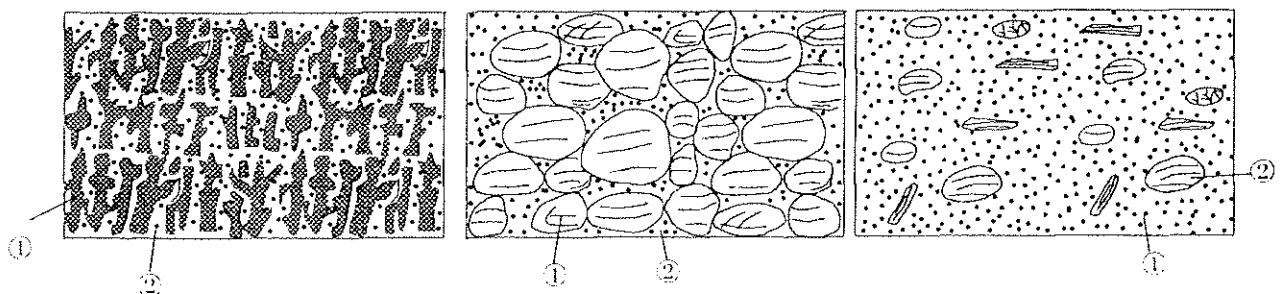
V-C. CÁC ĐÁ TẠO RẠN ĐÁ TÂY:

V-C.1 Những đặc điểm về kiến trúc:

Kiến trúc đá vụn thể hiện ở kích thước (*size*), hình dáng (*shape*) và độ mài nhẵn (*roundness*) và đặc điểm bề mặt (*surface feature*) của các phần tử tạo đá. Kích thước: Các mảnh vụn được phân thành các nhóm sau: đường kính trung bình (Md) từ 0,0039mm đến 0,0625mm - thuộc nhóm các hạt bột (*silt grains*), (Md) từ 0,0625mm đến 2,0mm - nhóm các hạt cát (*sand grains*), (Md) từ 2,0mm đến 4,0mm - nhóm các mảnh sạn (*granule fragments*), (Md) từ 4,0mm đến 64mm - nhóm các mảnh sỏi (*pebble fragments*), (Md) từ 64,0mm đến 256mm - nhóm các mảnh cuội (*cobble fragments*), (Md) lớn hơn 256mm - nhóm các mảnh tảng (*boulder fragments*). Trong số 6 nhóm trên, phổ biến nhất thuộc về nhóm cát, nhóm sạn, nhóm sỏi và nhóm cuội. Độ mài nhẵn: Theo mức độ mài nhẵn, các mảnh vụn phân thành 3 nhóm chính: Nhóm góc cạnh (*angular particles*), nhóm bán nhẵn- nhẵn (*subangular to rounded*) và nhóm nhẵn (*well rounded*). Hình dáng: các mảnh vụn tạo đá có hình dáng rất khác nhau và cũng rất đặc biệt, từ cân đối đến không cân đối mảnh thanh dài, dạng cây (*dendroid*), dạng cành (*branch*), dạng vòm (*dome*), dạng ống (*columnar*), dạng củ (*bulbous*), dạng tấm thấm phủ (*encrusting*) v.v... Vật liệu san hô và vỏ xác sinh vật khác nhau về kích thước, màu sắc, độ mài nhẵn và hình dáng. Các mảnh vụn san hô có kích thước trung bình dao động từ cát (0,1-1,0 mm) đến tảng (> 100mm). Còn vỏ xác sinh vật có kích thước nhỏ hơn trung bình dao động từ cát (0,1-1,0 mm) đến (20-30mm). Các mảnh vụn san hô có màu trắng, trắng xám, xám, ít đỏ. Vỏ sinh vật có màu trắng, trắng tinh, đỏm đỏ, đỏm nâu.

V-C.2 Những đặc điểm về cấu trúc:

Cấu trúc đá thể hiện ở trật tự sắp xếp các phần tử tạo đá, mối quan hệ giữa chúng và tỉ lệ của chúng trong một đơn vị đá. Kết quả nghiên cứu cho thấy các phần tử tạo đá sắp xếp theo một mô hình và chiếm một tỉ lệ nhất định. Một số trong chúng tạo nên phần khung chống đỡ của đá hay phần nền chính của đá và số khác đóng vai trò lên-lấp các khoảng trống, khe hở của phần khung hay khảm vào nền chính. ở đây phần khung và phần nền luôn chiếm tỉ lệ lớn hơn phần lên-lấp, phần khảm trong một đơn vị đá. Kết quả nghiên cứu cho thấy có 3 kiểu cấu trúc đặc trưng.



- | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1: Kiểu cấu trúc thứ nhất | 2: Kiểu cấu trúc thứ hai | 3: Kiểu cấu trúc thứ ba |
| ① Khung xương san hô chết tại chỗ tạo khung chủ của đá. | ① Mảnh vụn tạo khung đá | ① Hạt tạo nền chính |
| ② Vụn san hô hình thành phần phụ | ② Hạt tạo phần phụ | ② Mảnh vụn khảm vào nền chính |

Kiểu cấu trúc thứ nhất: kiểu này bao gồm phần khung chủ (*host framework*) - dạng khung chống đỡ của đá, được hình thành từ khung xương san hô chết tại chỗ (*in situ dead coral skeletons*) và phần phụ (*supplement*)-dạng lèn, lấp (*interstitial-filled*) những khe, khoảng trống của khung chủ. Phần lèn gồm các mảnh vụn san hô (*coral debris*). Kiểu cấu trúc thứ hai: cấu trúc bao gồm phần khung đá (*rock framework*) - dạng khung chống đỡ của đá, được hình thành từ các mảnh vụn (*fragments*), với đường kính trung bình (Md) >2,0mm và phần phụ (*supplement*) dạng lèn, lấp (*interstitial-filled*), là các hạt với đường kính trung bình (Md) <2,0mm. Kiểu cấu trúc thứ ba: kiểu này bao gồm phần nền chính (*matrix*) cấu thành từ các hạt với đường kính trung bình (Md) <2,0mm và phần khảm (*embedded*) vào nền chính, là các mảnh vụn với đường kính trung bình (Md) >2,0mm.

V-C.3 Thành phần vật chất:

Kết quả phân tích cho thấy các đá san hô cấu thành từ những vật liệu nguồn gốc hữu cơ (sinh vật) và vật liệu nguồn gốc vô cơ. Vật liệu nguồn gốc hữu cơ chiếm > 99% còn vật liệu nguồn gốc vô cơ nhỏ hơn 1%.

Vật liệu nguồn gốc hữu cơ-vật liệu san hô: hầu hết các khoáng vật tạo đá đều là những khoáng vật cacbonat. Trong đó các khoáng vật cacbonat Canxi (CaCO_3) (tồn tại dưới hai dạng: khoáng vật canxit và khoáng vật aragonite) chiếm tỉ lệ cao nhất có trong đá vụn san hô (78,51%) và đá khung san hô (97,27%). Thứ đến khoáng vật Dolomit (trung bình trong đá vụn san hô 0,4217% và trong đá khung san hô 1,53%). Khoáng vật Magnesite có hàm lượng trung bình trong đá vụn san hô là 0,1557%, trong đá khung san hô 1,711%. Các khoáng vật Viterite, Siderite, Ankerite đều có hàm lượng nhỏ hơn 1%. Trong khi đó các khoáng vật Strotianite, Rodocrosite có hàm lượng nhỏ hơn 0,1%. Còn các khoáng vật Cerussite, Smithsonite có hàm lượng trung bình nhỏ hơn 0,01%. Khoáng vật Spherocobaltite có hàm lượng thấp nhất nhỏ hơn 0,001%. Vật liệu nguồn gốc vô cơ (vật liệu không phải san hô): Vật liệu nguồn gốc vô cơ gồm khoáng vật thạch anh, ilmenit, rutin, zircon, epidot, monazit, silimalit, pyrit. Chúng chiếm tỷ lệ không đáng kể trong đá vụn san hô. Thạch anh gặp trong đá vụn bở rời từ vài hạt đến 1%. Thạch anh dạng mảnh, sắc cạnh, không mẫu và mẫu xám tro, kích thước (0,08-0,15mm) ánh thủy tinh mạnh. Ilmenit: Dạng hạt mẫu đen, đôi hạt mẫu nâu đen, kích thước rất nhỏ (0,08mm) ánh bán kim. Rutin: Dạng mảnh, mẫu đỏ nâu đen, kích thước hạt (0,07-0,08mm) ánh kim cương, bột mẫu nâu. Pyrit: Dạng mảnh, kích thước hạt rất nhỏ <0,08mm, có đôi hạt hình lập phương, mẫu vàng xám, bột nghiền mẫu xám ánh kim mạnh. Epidot: Dạng mảnh góc cạnh, mẫu vàng xanh, ánh thủy tinh, kích thước hạt rất nhỏ 0,07mm. Monazit: Dạng hạt đẳng thước rất nhỏ ~ 0,07 mm, mẫu vàng. Zircon: Dạng lăng trụ tứ phương hai đầu, nhiều hạt bị mài mòn trở nên đẳng thước, kích thước hạt nhỏ (0,07-0,08mm) mẫu hồng, không mẫu, trong suốt, hồng phớt tím, ánh kim cương. Anataz: Dạng hạt, kích thước rất nhỏ (0,07mm), mẫu vàng nâu, ánh kim cương. Silimalit: Dạng lăng trụ, trên mặt tinh thể có sọc dọc, không mẫu trong suốt ánh thủy tinh. Trong thành phần hóa học các đá san hô tạo rạn Đá Tây, oxit canxi chiếm tỉ lệ cao nhất. Do lượng oxit canxi lớn nên hàm lượng chất mất khi nung (MKN) cũng lớn, đứng thứ hai là các ôxit Na_2O , SiO_2 , P_2O_5 , TiO_2 , Fe_2O_3 . Hàm lượng CaO 54,2-56,6% (TB 55,4%) và hợp chất hữu cơ hàm lượng TB 41,0% (MKN: 40,4-41,5%). Các hợp chất khác như SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO, MgO, P_2O_5 , MnO, Na_2O , K_2O chiếm từ vài phần nghìn (SiO_2 , MgO, P_2O_5 , Na_2O) đến vài phần vạn (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO, MnO, K_2O). Kết quả phân tích các mẫu đá san hô bằng phương pháp quang phổ phát xạ cho thấy trong thành phần hóa học của chúng nguyên tố canxi (Ca) có hàm lượng cao nhất, thứ đến các nguyên tố magie (Mg), nguyên tố kali (K), natri (Na), stronti (Sr), đồng (Cu), silic (Si), mangan (Mn), sắt (Fe) và nhôm (Al), số ít còn lại có hàm lượng rất nhỏ như chì (Pb), bạc (Ag), antimon (Sb), vanadi (V), nhôm (Al). Nhìn chung, trong thành phần hóa học của các đá san hô tạo rạn có mặt các nguyên tố thuộc nhóm kim loại hoạt động mạnh nhất: Kali (K), Natri (Na), nhóm các kim loại hoạt động khá: canxi (Ca), magie (Mg) và stronti (Sr) nhóm các kim loại hoạt động vừa: Nhôm (Al), kẽm (Zn), sắt (Fe), niken (Ni), thiếc (Sn), chì (Pb), đồng (Cu). Các nguyên tố phổ biến và có hàm lượng tương đối ổn định như nguyên tố canxi (Ca), thứ đến nguyên tố magie (Mg), sau đến nguyên tố mangan (Mn) và cuối cùng là nguyên tố sắt (Fe). Những nguyên tố này tạo nên các hợp chất oxit và các muối cacbonat.

V-C.4 Phân loại đá:

Dựa trên đặc điểm cấu trúc, kiến trúc và thành phần vật chất của các phần tử tạo đá, có thể phân các đá nghiên cứu thành hai nhóm chính: Nhóm các đá khung san hô (*coral skeletal rocks*) và Nhóm các đá vụn san hô (*coral clastic rocks*). Trong nhóm đá khung san hô có các đá san hô với cấu trúc kiểu thứ nhất, bao gồm phần khung chủ và phần phụ lèn, lấp. Chúng là *Đá khung san hô rêu (bindstone)*, *Đá khung san hô khô (frame stone)*, *Đá khung san hô cành (Bafflestone)*. Trong nhóm các đá vụn san

triển lên được - cũng như hồng mằm thì cây không thể nào lớn lên được. Mào rạn luôn chiếm vị trí cao hơn mặt bằng rạn, mặt tiền rạn và mặt sau rạn. Mào rạn, mặt bằng rạn, mặt tiền rạn đều thuộc phần khung xương của rạn. **Phần khung xương rạn được xem như bộ khung của một tòa nhà. Nếu khung xương rạn bị phá hủy thì rạn sẽ đổ vỡ, cũng như bộ khung nhà bị hư hỏng thì tòa nhà bị sụp đổ.**

VI-A.2 Đặc tính đá tạo rạn

Rạn san hô được xây bởi các đá cấu thành từ khung xương san hô và mảnh vụn san hô. Khung san hô chứa hàm lượng lớn chất canxi dưới dạng hợp chất canxi (CaCO_3) nên các đá được xếp vào loại đá cacbonat. Đá khung san hô tinh khiết hơn đá vụn san hô do chứa ít tạp chất hơn. Đá khung san hô nhanh hóa đá hơn và rắn chắc hơn đá vụn san hô cùng thời. Tuy có một số khác biệt về thành phần tạp chất và mức độ biến đổi sau tạo đá, về cơ bản các đá khung san hô và đá vụn san hô đều là loại đá yếu, chúng không bền vững trước sự phá hủy hóa học và cơ học, đặc biệt chúng dễ bị hòa tan khi có axit, thậm chí axit yếu như nước mưa [nước mưa chứa 0,03% trọng lượng là dioxit cacbon. Lượng dioxit cacbon (CO_2) này làm cho nước có tính axit yếu]. Các đá khung san hô và đá vụn san hô nằm ở độ sâu từ 20m trở xuống (so với bề mặt rạn) có độ bền vững cao hơn các đá nằm phần trên.

Thành phần vật chất đá tạo rạn chủ yếu là các hợp chất hóa học dạng muối của axit cacbonic bao gồm CaCO_3 ; MgCO_3 ; $\text{CaMgFe}(\text{CO}_3)_2$; BaCO_3 ; FeCO_3 ; MnCO_3 ; SnCO_3 ; PbCO_3 ; và ZnCO_3 , hay chủ yếu là các khoáng vật bao gồm canxi, aragonite, dolomite, ankerite, viterite, magnesite, strontianite, siderite, rodocrosite, smitsonite, cerussite, và spherocobaltite. Ở phần trên của rạn khoảng từ 8 -16m đến đỉnh rạn, hầu hết các đá vụn san hô và các đá khung san hô có mức độ gắn kết yếu và chúng còn được xem là đá vôi san hô hiện đại (*modern coral limestone*). Chúng hiện đang ở giai đoạn đầu của quá trình hóa đá (giai đoạn sau tích tụ). Một số loại đá vôi tạo rạn như cát vôi, cuội vôi và bột vôi ở phần trên cùng của rạn, nhất là ở các đảo nổi, bột vôi chứa tạp chất hữu cơ như phân chim (guano) đã trở nên kém bền vững do sự không đồng nhất về thành phần vật chất và thiếu - hoặc ít xi măng gắn kết. Mức độ tái kết tinh yếu (*slight recrystallization*) của đá khung san hô, đặc biệt đá vụn san hô dẫn đến chúng chưa thể trở thành đá hoa cương (*marble*). Do mức độ dolomite hóa của đá vụn san hô đặc biệt đá khung san hô còn rất yếu nên chúng chưa thể thành đá vôi dolomite (*Dolomite limestone*). Nhìn chung, do mức độ tái kết tinh và dolomite hóa yếu, nên các đá khung san hô và đá vụn san hô ở phần rạn trên cùng kém bền vững (Chúng chỉ bền vững hơn khi ở dạng đá hoa cương hay đá vôi dolomite). Trên thực tế, đá hoa cương và đá vôi dolomite bền vững trước phá hủy cơ học hơn nhiều so với đá vôi chưa tái kết tinh hay chưa bị dolomite hóa. Đá khung san hô và đá vụn san hô ở phần trên của rạn còn có độ rỗng cao (trên 10%) hay nói khác đi *các đá khung san hô và đá vụn san hô còn được xếp là đá xốp do độ rỗng cao*. Các đá vôi xốp rất dễ bị phá hủy cơ học và bị phá hủy hóa học (do lưu thông dung dịch tốt nên dễ bị hòa tan và rửa lữa). Xét về tổng thể, các đá tạo rạn ở phần trên khoảng từ 8 -16m đến mặt đỉnh rạn thuộc loại đá yếu, kém bền vững trước phá hủy cơ học và hóa học.

VI-A.3 Đặc trưng địa hình - địa mạo

Địa hình - địa mạo các rạn san hô thể hiện ở hai phần cấu trúc của rạn: Mặt đỉnh rạn và sườn rạn.

① Đặc trưng địa hình - địa mạo sườn rạn: Đa số các rạn san hô vùng quần đảo Trường Sa có hai loại sườn-sườn về phía biển và sườn về phía vụng trung tâm. Cả hai loại sườn rạn đều có địa hình bề mặt phân bậc-phân đoạn thành các đoạn dài dốc và đoạn rất ngắn thoải. Đoạn thoải được xem là chân của đoạn dốc. Sườn rạn phía biển có độ dốc lớn hơn sườn rạn phía vụng. Địa hình phần sườn trên cùng phía biển bị cắt xẻ bởi các khe rãnh do hoạt động lên xuống của triều.

② Đặc trưng địa hình - địa mạo mặt đỉnh rạn: Địa hình mặt đỉnh rạn không bằng phẳng, theo độ cao so với mực nước biển trung bình có thể phân ra 3 kiểu địa hình chính. *I-Địa hình cao*; *II-Địa hình ngang*; *III-Địa hình thấp*.

I - Địa hình cao: Địa hình cao trên mặt đỉnh rạn bao gồm những phần nổi dạng đảo và gò nhỏ trên mặt đỉnh rạn, luôn cao hơn mực nước biển từ 1,8m đến 6,5m (đối với đảo) và từ vài centimet đến trên 1m (đối với gò nhỏ). Địa hình cao có bề mặt kiểu chao nông.

II-Địa hình ngang: Địa hình ngang trên mặt đỉnh rạn bao gồm những phần mấp mé mực nước biển (gần sát mực nước biển hoặc nhô cao hơn vài centimet đến chục centimet khi triều rút và sâu dưới mực nước biển từ vài chục centimet đến 2-3m khi triều lên). Địa hình ngang tồn tại ở dạng bờ vòng rạn (bao gồm mào rạn và mặt bằng rạn) và ở dạng thềm nước nông bao quanh địa hình cao. Địa hình ngang bị phân cách bởi các lạch, eo biển thông địa hình thấp bên trong (vụng trung tâm) với biển. Đa số địa hình ngang có bề mặt hơi nghiêng về phía địa hình thấp, số ít hơi nghiêng về phía biển. Hầu hết bề mặt của địa hình ngang gồ ghề, mấp mô (không phẳng) do sự có mặt của các địa hình nổi ở dạng gò nhỏ, móm nhỏ của nhiều tầng đá san hô kích thước khác nhau, và bởi sự có mặt của các khe rãnh tạo ra bởi hoạt động của dòng triều.

III-Địa hình thấp: Địa hình thấp

trên mặt đỉnh rạn chủ là vùng trung tâm, bị bao quanh bởi địa hình ngang. Địa hình thấp có cao độ âm dao động từ (-) 25m đến trên (-) 40m. Địa hình thấp thông với biển khơi qua các lạch. Đa số địa hình thấp cũng có bề mặt kiểu lòng chảo lớn nhưng đáy tương đối bằng với các khối gò đồng cao tới 1,5-2m. Địa hình thấp bị phủ chủ yếu bởi các đá vụn san hô như cát, bột và ít cuội san. Về tổng thể, địa hình ngang thường ôm lấy địa hình thấp và địa hình cao và trong nhiều trường hợp địa hình ngang là nền của địa hình cao. Địa hình ngang nằm ở phần ngoài của mặt đỉnh rạn còn địa hình thấp thường nằm ở phần trung tâm của mặt đỉnh rạn. Địa hình ngang và địa hình thấp có diện phân bố lớn hơn nhiều diện tích địa hình cao. Về hình dáng, đa số địa hình cao có dạng hình bầu dục, số ít có hình không bầu dục như hình tam giác. Địa hình ngang và địa hình thấp có dạng vòng khuyên-bầu dục. Trong điều kiện biển khơi rất cần địa hình cao-địa hình nổi thì rạn san hô lại không thoả mãn được.

VI-A.4 Đặc trưng động lực biển

Động lực biển thể hiện ở các dòng biển và sóng biển. Dòng trôi, dòng triều và dòng sóng tạo nên dòng tổng hợp và dòng dư. Thường dòng dư chỉ gồm hai dòng phi triều; dòng chảy gió và dòng sóng dọc bờ. Dòng tổng hợp gồm dòng chảy gió, dòng triều và dòng sóng dọc bờ. Dòng tổng hợp này xuất hiện ở khu vực sát bờ địa hình cao (đảo nổi) hay ở eo, lạch thông vùng trung tâm với biển. Dòng chảy tổng hợp ở khu vực xa bờ ngoài mặt tiền rạn và trên mặt bằng rạn, bao gồm chủ yếu hai dòng; dòng triều và dòng chảy gió. Ở khu vực ngoài sâu (mặt tiền rạn) và phần phía biển của mặt bằng rạn, dòng triều và dòng trôi đóng vai trò quyết định, còn phần phía đảo của mặt bằng rạn và khu vực sát đảo thì dòng tổng hợp do dòng triều và dòng sóng đóng vai trò quyết định. Dòng tổng hợp có trị số lớn khi dòng trôi và dòng triều cùng hướng và có trị số nhỏ khi hai dòng trên khác hướng. Dòng tổng hợp thường mạnh ở lạch thông vùng trung tâm với biển, bởi lẽ trong mọi trường hợp (cả khi triều lên và triều xuống) đều gồm 3 dòng thành phần: dòng triều, dòng gió và dòng sóng. Đối với rạn có vùng trung tâm thì động lực biển ở vùng trung tâm phụ thuộc vào kích thước và độ sâu của vùng. Theo kết quả nghiên cứu khả năng sống của các loài san hô và theo kết quả khảo cứu động lực biển, có thể nhận thấy ở các vùng trung tâm nhỏ và độ sâu không lớn (<20m) thì động lực biển yếu hơn so với động lực ngoài biển; còn ở các vùng trung tâm lớn và độ sâu lớn (80m-100m) như vùng trung tâm trên rạn Song Tử và rạn Ba Bình - Nam Yết thì động lực biển gần như tương đương với động lực biển ngoài biển.

VI-A.5 Phân định các rạn thích hợp cho mở luồng

Hiện ở vùng quần đảo Trường Sa tồn tại hai nhóm rạn chính: Nhóm các rạn có đảo nổi đơn với thềm nước bao quanh và nhóm các rạn có bờ vòng và vùng trung tâm.

Các rạn san hô có đảo nổi với thềm nước nông bao quanh *Những mặt thuận - tốt cho luồng và bến - cảng đậu*: Đảo nổi cao trên mực nước biển rất lý tưởng cho xây dựng công trình trên biển. Về mặt nào đó rất thuận lợi cho xây dựng bến đậu. Những công trình hạ tầng cơ sở phục vụ cho bến đậu và luồng nằm trên đảo nổi hoàn toàn tránh được hoạt động của dòng biển và sóng biển. Chi phí xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở có phần được giảm nhẹ. Nền móng cổ (125.000 năm) nằm không sâu (trên dưới 10m). Đây cũng sẽ là điều kiện khá lý tưởng để đóng cọc nhồi sâu bám vào nền móng cổ khi xây dựng công trình. Xung quanh đảo nổi có các bãi biển tuy hẹp xong thuận cho tàu thuyền cập bến. Thềm nước bao quanh đảo thường nông và rộng, luôn làm giảm hoạt động của dòng biển và sóng biển đối với đảo nổi. *Những mặt không thuận - không tốt cho luồng và bến - cảng đậu*: Đảo nổi cấu thành từ các đá san hô trẻ mới được hình thành từ 6.000 năm trở lại đây vì thế độ bền vững kém hơn các đá cổ (so sánh tương đối) (các đá cổ hơn được hình thành từ 6000 năm). Thềm nước bao quanh đảo nổi không thuận cho tàu thuyền vào sát đảo do nông. Nếu vào được phải chờ khi triều lên hoặc phải đào khoét thềm nước nông quanh đảo. Trên phạm vi rạn có đảo nổi với thềm nước bao quanh không có vùng nước lặng và sâu làm cảng - bến đậu cho tàu thuyền. Rạn có đảo nổi với thềm nước nông bao quanh đang là rạn không ổn định, đang chịu thay đổi do nó là rạn chịu phá hủy. Sự không ổn định hoàn toàn không thuận lợi cho xây dựng bất cứ loại công trình nào.

Các rạn có bờ vòng và vùng trung tâm: Trong nhóm này tồn tại 3 phụ nhóm: ① Phụ nhóm các rạn có bờ vòng đứt đoạn luôn nổi cao ngay cả khi triều lên. ② Phụ nhóm các rạn có bờ vòng đứt đoạn lặp lại. ③ Phụ nhóm các rạn có bờ vòng liền luôn ngập chìm dưới mặt nước ngay cả khi triều xuống.

Phụ nhóm 1: Các rạn có bờ vòng đứt đoạn luôn nổi cao ngay cả khi triều lên và bờ vòng trung tâm. *Những mặt thuận - tốt cho mở luồng và bến - cảng đậu*. Những đoạn bờ đứt đoạn đang là các đảo nổi, chúng là phần lực địa lý tưởng cho xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở cho bến đậu. Xung quanh đảo nổi có bãi biển và có thềm nước nông. Các bãi biển và thềm nước nông làm giảm hoạt động của biển. Nền móng cổ (125.000 tuổi và hơn) nằm không sâu (dưới 10m) thuận cho đóng cọc khi xây

dựng công trình bám vào nền móng cố. Vùng trung tâm trên phạm vi các rạn phụ nhóm 1 thuận, có thể xem như cảng cho tàu bè neo đậu. *Những mặt không thuận-không tốt cho mở luồng và bến-cảng đậu.* Phần nổi của các đoạn bờ đứt khúc cầu thành từ các đá vôi vụn hình thành ở giai đoạn 6.000 năm đến nay - gắn kết yếu - không rắn chắc. Do tồn tại thêm nước nóng bao quanh đảo nên tàu thuyền cập vào sát đảo rất khó khăn, phải chờ triều lên hoặc phải đào khoét thêm nước nóng tạo luồng vào sát đảo. Vùng trung tâm rất rộng, diện tích 68,13 km² đến 412,5 km²) và sâu 60 - 100m nên không thuận để làm cảng cho tàu thuyền neo đậu. Mặt khác trong vùng trung tâm động lực biển rất mạnh (do rộng và sâu) mạnh gần bằng động lực ngoài biển, vì thế không thuận để xây dựng cảng. Về mặt phân loại, các rạn có bờ vòng đứt đoạn luôn nổi cao ngay cả khi triều lên và có vùng trung tâm hiện đang là các rạn chịu phá hủy. Vì thế chúng được xem là đang thay đổi, không ổn định. Tính không ổn định hoàn toàn bất lợi cho xây dựng bất kỳ loại công trình nào. Như vậy, phương án tìm rạn thích hợp cho mở luồng và bến - cảng đậu ở phụ nhóm 1: các rạn có bờ vòng đứt đoạn luôn nổi và vùng trung tâm sẽ không hiệu quả.

Phụ nhóm 2: Các rạn có bờ vòng đứt đoạn mấp mé và vùng trung tâm. *Những mặt thuận- tốt cho mở luồng và xây dựng bến đậu.* Trên phạm vi các rạn của phụ nhóm hai, có phần nổi trên mặt nước chỉ khi triều rút, còn khi triều lên hoặc phần nổi đó bị ngập hoàn toàn hoặc nổi chỉ cách mặt nước chút ít. Phần nổi chính là đoạn của bờ vòng. Phần bờ vòng nổi mấp mé tuy không lý tưởng cho xây dựng công trình hạ tầng cơ sở phục vụ bến đậu như đảo nổi xong trong vùng biển nước sâu trên dưới 2000m thì lại thuận lợi cho xây các công trình trên cọc hoặc thuận lợi cho công tác tôn nền ban đầu để xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở của bến - cảng đậu và luồng vào. Mặt khác, phần nổi khi triều xuống và lập lờ khi triều lên của bờ vòng đứt đoạn cầu thành từ các đá khung san hô hiện đại gắn kết vừa tương đối rắn chắc nên khá thuận cho xây dựng. Vùng trung tâm không lớn (diện tích từ 3,71km² đến 30,28km²) và nông (10 - 20m) với thủy động lực yếu hơn so với thủy động lực ngoài biển. Với đặc tính này vùng trung tâm rất thuận để xây dựng cảng - bến đậu cho tàu thuyền. Các rạn thuộc phụ nhóm 2 thuộc chủ quyền của Việt Nam (không phải rạn tranh chấp) và nằm ở phần Đông Nam của vùng quần đảo Trường Sa, nơi gần đất liền và gần như nằm giữa lục địa và phần Đông Bắc xa nhất của vùng quần đảo Trường Sa. Các rạn thuộc phụ nhóm 2 là những rạn ngừng phát triển và ổn định theo thời gian như đã nêu ở các phần trên của báo cáo. Tính ổn định của rạn rất cần thiết cho xây dựng công trình. *Những mặt không thuận- không tốt cho luồng và bến đậu.* Phần đoạn bờ nổi nhỏ hẹp và không cao-chỉ mấp mé mặt biển không thuận cho xây dựng hạ tầng cơ sở. Xét về mặt thuận và không thuận của các rạn phụ nhóm 2 thì những mặt thuận nhiều hơn những mặt không thuận, vì thế phương án tìm rạn thích hợp cho mở luồng và bến - cảng đậu nhằm vào các rạn có bờ vòng đứt đoạn mấp mé và vùng trung tâm là tối ưu nhất.

Phụ nhóm 3: Các rạn có bờ vòng liền luôn ngập chìm ngay cả khi triều xuống và có vùng trung tâm. *Những mặt thuận- tốt cho luồng và bến đậu:* Vùng trung tâm không lớn (diện tích 10,50km² (rạn Phan Vinh) đến 54,52km²). Các rạn thuộc phụ nhóm 3 đa số thuộc chủ quyền của Việt Nam, nằm không xa đất liền và gần như nằm ở khoảng cách giữa đất liền và phần Đông Bắc xa nhất của vùng quần đảo Trường Sa. *Những mặt không thuận-không tốt cho luồng và bến đậu:* Bờ vòng-bộ phận cao nhất của rạn còn nằm sâu dưới mực nước biển trên 3m do vậy không thuận cho xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở của bến - cảng đậu và luồng vào. Thủy động lực trong vùng nhỏ hơn không đáng kể so với thủy động lực ngoài biển, do lúc nào vùng cũng ngập chìm. Các rạn thuộc phụ nhóm 3 là các rạn còn đang phát triển do vậy chúng không ổn định. Tính không ổn định hoàn toàn bất lợi cho xây dựng bất kỳ loại công trình nào. Như vậy, phương án tìm rạn thích hợp cho mở luồng và xây dựng bến trong số các rạn thuộc phụ nhóm 3 là không tối ưu. Những phân tích trên khi xem xét các nhóm rạn cho thấy: Có thể tìm chọn rạn có triển vọng cho mở luồng và xây dựng bến - cảng đậu từ các rạn thuộc phụ nhóm 2, cụ thể trong số các rạn có bờ vòng đứt đoạn mấp mé bởi ở những rạn này những mặt thuận-tốt cho mở luồng và xây dựng bến đậu thì nhiều hơn các mặt không thuận. Hơn nữa mặt không thuận ở các rạn thuộc phụ nhóm 2 có thể khắc phục được, tuy đòi hỏi kinh phí cao khi xây dựng cơ sở hạ tầng trên bờ vòng mấp mé. Còn ở các rạn thuộc phụ nhóm 1 và phụ nhóm 3 những mặt không thuận khó có khả năng khắc phục được hay hoàn toàn không thể khắc phục được. Các rạn có bờ vòng đứt đoạn mấp mé và vùng trung tâm ở vùng quần đảo Trường Sa là rạn Đá Tây, rạn Đá Đông, rạn Tốc Tan.

Như vậy, có 4 phương án phân định-tìm rạn thích hợp cho mở luồng và bến đậu: *Phương án thứ nhất:* Thực thi đối với các rạn san hô có đảo nổi đơn với thêm nước nóng bao quanh. *Phương án thứ hai:* Thực thi đối với các rạn san hô có bờ vòng đứt đoạn luôn nổi ngay cả khi triều xuống và vùng trung tâm. *Phương án thứ ba:* Thực thi đối với các rạn san hô có bờ vòng đứt đoạn lập lờ (mấp mé) và vùng trung tâm. *Phương án thứ tư:* Thực thi đối với các rạn san hô có bờ vòng liền luôn ngập chìm và

vùng trung tâm. Trong số bốn phương án trên, phương án 3 được xem tối ưu hơn cả và theo phương án này có khả năng tìm thấy rạn san hô có triển vọng cho mở luồng và xây dựng bến đậu.

VI-A.6 Rạn có triển vọng mở luồng

Như ở mục VI-A-5- Phân định các rạn thích hợp cho mở luồng và xây dựng bến đậu, đã lựa chọn từ 15 rạn được 3 rạn thích hợp: rạn Đá Đông, rạn Đá Tây và rạn Tốc Tan. Nhiệm vụ tiếp theo xem xét về những mặt thuận lợi nhằm chọn ra rạn có triển vọng mở luồng và xây dựng bến đậu. Có triển vọng được xem xét từ nhiều góc độ: Cơ sở địa chất địa mạo, yêu cầu; khả năng thực thi và tính ổn định lâu bền của công trình và chủ trương định luồng. *Tính ổn định*: Ba rạn Đá Đông, Đá Tây và Tốc Tan đều là những rạn ngừng phát triển, nhất là rạn Đá Tây và rạn Tốc Tan, riêng rạn Đá Đông còn có thể có khả năng phát triển lên chút ít, song xu thế chung vẫn là ổn định. Sự ổn định này rất cần thiết cho xây dựng các công trình cố định. Bờ vòng đứt đoạn - phần cao nhất của rạn nằm ở vị trí mấp mé sát mực nước biển thậm chí nhô lên chút ít khi triều xuống, và ở vị trí cách mực nước biển trên dưới 2m khi triều lên. Bờ vòng đứt đoạn có độ rộng từ 400m đến trên dưới 1000m và cấu thành chủ yếu (>50%) từ đá khung san hô và thứ yếu từ đá vụn san hô. Do quá trình hóa đá diễn ra sớm - nhanh, thậm chí ngay khi san hô vừa chết và trong điều kiện trên bề mặt nền đá khung san hô trở nên vững chắc hơn đá vụn san hô. Trong điều kiện ngập nước biển, hoạt động đào khoét (ở chừng mực nhất định), kích thích quá trình Dolomite hóa các đá vôi - đá khung san hô. Càng sớm Dolomit hóa, đá khung san hô càng nhanh rắn chắc và sớm trở nên bền vững. Vùng trung tâm của các rạn Đá Tây, Đá Đông và Tốc Tan không lớn và không sâu. Thủy động lực trong vùng yếu hơn ngoài biển. Vùng trung tâm của rạn Đá Tây, Đá Đông và cả Tốc Tan thông với biển bên ngoài bằng các eo biển - lạch biển rộng rất thuận cho tàu thuyền qua lại. Phân tích tổng quan về bờ vòng và vùng trung tâm, về tính ổn định của rạn san hô cho thấy cả 3 rạn thích hợp cho mở luồng và xây bến - cảng đậu, song rạn nào có triển vọng nhất cần xem xét cụ thể. Trước hết về tính ổn định thì rạn Đá Tây và rạn Tốc Tan ổn định nhất, thứ đến rạn Đá Đông; bởi rạn Đá Tây và rạn Tốc Tan hoàn toàn ngừng phát triển. Còn rạn Đá Đông có thể còn phát triển trong xu thế ngừng (chỉ còn khả năng phát triển lên chút ít). Về phần nổi của bờ vòng đứt đoạn: Rạn Đá Tây và rạn Đá Đông có một số mỏm nhỏ - gò nhỏ đá khung san hô cao trên mặt biển chút ít còn rạn Đá Đông thì hiếm và nếu có thì chỉ là các mỏm nhỏ san hô sống. San hô có thể sống được khi triều rút. Chẳng hạn như san hô *Helipora* và *Acropora* đây là những loài san hô có thể sống ở biển có thủy triều lên xuống, nhô lên chút ít khỏi mặt nước khi triều xuống. Riêng ở rạn Đá Tây, một số phần nổi của bờ vòng đứt đoạn có thể tôn cao và mở rộng, bằng chứng cho thấy con người đã xây dựng nền móng cho đèn biển và nhà tạm trên phần nổi của bờ vòng đứt đoạn. Về vùng trung tâm: Mặc dù còn phải nghiên cứu nhiều về số lượng lớn các rạn có vùng trung tâm (13 rạn có vùng trung tâm) nhưng cho đến nay, từ các nguồn tài liệu của những công trình trước đây và kết quả đo địa vật lý gần đây có thể khẳng định chắc chắn vùng trung tâm của rạn Đá Tây không sâu. Độ sâu đáy vùng thay đổi trong giới hạn 8 - 10m đến 20 - 23m với xu hướng nâng dần ở khu vực cửa vịnh và sâu dần từ Đông Bắc tới Tây Nam. Về các eo biển - lạch biển thông vùng trung tâm ra ngoài biển. Ở rạn Đá Tây có 3 eo biển thông rộng và sâu. Trong số đó eo biển thứ nhất thông về hướng Bắc, eo biển thứ hai thông về hướng Tây Nam còn eo biển thứ ba về hướng Đông Nam. ở rạn Đá Đông có 1 eo biển hẹp và nông thông với biển. Ở rạn Tốc Tan có nhiều eo biển rộng và sâu trong đó eo biển thứ nhất thông về hướng Bắc. Các eo biển còn lại thông về hướng Tây Nam và hầu như mặt Tây Nam của rạn hở - thông với biển. Xét về eo biển thì rạn Đá Tây thuận lợi hơn hai rạn Tốc Tan và Đá Đông do có số eo biển vừa đủ để thông với biển mà vẫn giữ được độ kín. Trong khi đó rạn Đá Đông chỉ có một eo biển hẹp và nông không hoàn toàn thuận lợi để làm luồng cho tàu thuyền. Rạn Tốc Tan do gần như mở ở mặt Tây Nam nên không đảm bảo độ kín cho vịnh. Về hướng kéo dài của rạn, như đã trình bày ở phần VI-1.d đặc trưng động lực biển, hình thái của rạn góp phần ảnh hưởng đáng kể đến động lực biển hoặc kích thêm hoặc giảm thiểu tác động của dòng biển và sóng biển lên rạn san hô. Rạn Đá Đông kéo dài theo hướng Đông Tây, rạn Đá Tây kéo dài theo hướng Đông Bắc Tây Nam còn rạn Tốc Tan kéo dài theo hướng Tây Bắc - Đông Nam. Như vậy, có thể thấy rạn Đá Tây nằm xuôi theo hai hướng gió mùa chính: Mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Có lẽ vì thế sườn Tây Bắc nơi có eo biển thứ nhất và sườn Đông Nam của rạn (nơi có eo biển thứ hai và thứ ba) không chịu tác động trực tiếp của dòng chảy gió hướng Đông Bắc và hướng Tây Nam. Rạn Đá Đông sườn Bắc chịu tác động trực tiếp hoặc với góc 45° của dòng chảy gió Đông Bắc, còn sườn Nam chịu tác động trực tiếp hoặc với góc 45° của dòng chảy gió Tây Nam. Rạn Tốc Tan, sườn Đông Bắc chịu tác động trực tiếp của dòng chảy gió Đông Bắc và sườn Tây Nam chịu tác động trực tiếp của dòng chảy gió Tây Nam. Phân tích trên cho thấy rạn Đá Tây chịu tác động của dòng chảy gió Đông Bắc và dòng chảy gió Tây Nam có phần yếu hơn - nhẹ hơn hai rạn Tốc Tan và Đá Đông. Các

eo biển thông vụng với biển của rạn Đá Tây không phải đối mặt với các dòng biển, trong khi đó các eo biển của rạn Tốc Tan phải đối diện hoặc góc 45° với các dòng biển.

Như vậy, trong số 15 rạn nghiên cứu có 3 rạn triển vọng cho mở luồng, đó là rạn Đá Tây, rạn Đá Đông và rạn Tốc Tan.

VI-B. KHẢ NĂNG MỞ LUỒNG VÀO RẠN ĐÁ TÂY

VI-B.1 Đặc điểm địa chất rạn Đá Tây

Trong số 3 rạn thích hợp cho mở luồng: rạn Đá Tây, rạn Đá Đông và rạn Tốc Tan thì rạn Đá Tây có triển vọng nhất do rạn này có nhiều phần nổi cao chút ít trên mặt biển, có vụng nông và tương đối kín với 3 lạch thông với biển khơi ở các hướng không trực diện với các dòng chảy gió Đông Bắc và dòng chảy gió Tây Nam. Gió Đông Bắc và gió Tây Nam là hai gió chính và mạnh nhất hoạt động ở QĐTS. Như vậy, phương án chọn rạn Đá Tây là phương án tối ưu nhất bởi rạn này có nhiều mặt thuận lợi và đáp ứng được nhu cầu an ninh quốc phòng và phát triển kinh tế, đáp ứng yêu cầu về luồng và bến đậu- cảng đậu cho tàu thuyền, ổn định-lâu bền vì vụng nông, tương đối kín và thuận tiện-hoàn toàn tự nhiên chưa cần đến sự tác động của con người. Mặt khác rạn Đá Tây nằm ở vị trí gần như giữa đất liền và các rạn xa nhất ở phần Đông Bắc quần đảo Trường Sa, nó có khả năng đóng vai trò trung chuyển - nơi dừng nghỉ - tiếp tế từ đất liền đến các đảo-rạn xa.

VI-B.2 Đặc điểm động lực biển rạn Đá Tây

VI-B.2-a Thủy triều

Chế độ thủy triều ở khu vực biển rạn Đá Tây mang đặc tính nhật triều không đều. Đa số ngày trong tháng, trong mỗi ngày đêm có một lần triều lên và một lần triều xuống. Thành phần nhật triều tăng nhanh theo độ xích vĩ của các thiên thể nên độ cao lớn nhất mực nước thủy triều trong khu vực rơi vào tháng I, VI, VII và tháng XII đạt tới 2,1 m. Trong các tháng triều yếu rơi vào các tháng III, IV, IX và X tính chất nhật triều suy giảm mực nước lên xuống yếu. Vào thời kỳ triều cường trong mỗi chu kỳ nửa tháng, dao động triều lên xuống mạnh hơn thời kỳ triều kém. Trung bình trong một tháng có hai kỳ nước lớn với biên độ dao động mực nước từ 1,2 - 1,7 m, mỗi kỳ kéo dài 9 - 10 ngày. Giữa các kỳ nước lớn là các kỳ nước kém kéo dài 5 - 6 ngày với biên độ dao động từ 0,2 - 0,8 m.

VI-B.2-b Đặc điểm dòng chảy

Dòng chảy tổng hợp ở khu vực biển rạn Đá Tây khá phức tạp, trong đó yếu tố địa hình và hình thái mặt bằng rạn hồ ảnh hưởng rất lớn đến sự phân bố dòng chảy ở đây. Khi triều kiệt, tốc độ dòng chảy ở phía trong đảo rất nhỏ, còn ở trên mặt bằng rạn tốc độ gần như bằng 0. Khi triều lên cao, mặt bằng rạn bị chìm ngập dưới nước, các dòng chảy thành phần được phát triển mạnh nên tốc độ dòng tổng hợp cũng mạnh lên. Ở mặt trước rạn và phần trên của sườn rạn dòng chảy tổng hợp bị chi phối mạnh bởi dòng triều và dòng trôi do gió. Khi vào đến mào rạn mức độ chi phối của dòng triều tới dòng tổng hợp giảm đi và khi vào sát bờ phần rạn nhô cao thì dòng sóng đóng vai trò chủ đạo, lúc này dòng triều và dòng gió chỉ đóng vai trò thứ yếu. Vào đợt gió mùa TN phát triển mạnh, thời tiết lúc này thường có dông, kèm theo triều cường nên tốc độ của các dòng thành phần khá lớn (dòng triều, dòng trôi và dòng sóng) dẫn đến dòng chảy tổng hợp có tốc độ khá cao. Kết quả đo đạc dòng chảy tại khu vực ĐB cách Đá Tây B khoảng 200m, ở tầng 5m đã đo được tốc độ cực đại dòng tổng hợp đạt 105 cm/s. Phân bố dòng chảy nằm trong khoảng tốc độ 10-30 cm/s chiếm tần suất lớn nhất (85%), hướng của dòng tổng hợp gần song song với đường bờ viền rạn-mào rạn (hướng ĐB và TN).

VI-C. CƠ SỞ KHOA HỌC MỞ LUỒNG VÀO RẠN ĐÁ TÂY

VI-C.1 Các lạch ở rạn Đá Tây

Ở rạn Đá Tây có khá nhiều lạch tự nhiên thông vụng trung tâm với biển khơi. Chúng là dấu ấn để lại trong quá trình phát triển-tiến hóa rạn dưới sự chi phối mạnh mẽ của động lực biển cũng như sự tồn tại-phát triển của san hô tạo rạn. Cùng với sự tiến hóa của rạn Đá Tây, hai thế hệ lạch đã được hình thành. Mỗi thế hệ lạch ứng với một giai đoạn mà rạn là rạn bám sát (rạn có mặt dính mấp mé mặt nước biển, khi triều rút bờ vòng nhô cao, nước trong vụng rút ra, sau đó tràn vào-khi triều lên-chủ yếu qua các lạch). Thế hệ thứ nhất hình thành vào giai đoạn đầu đợt biển tiến cuối cùng khi đó rạn Đá Tây đã là rạn bám sát, còn thế hệ thứ hai hình thành vào giai đoạn ngày nay, hiện rạn Đá Tây đang là rạn bám sát. Vào thời kỳ đầu đợt biển tiến (sau mốc 18.000 năm), rạn Đá Tây bị biển nhấn chìm dần, san hô xuất hiện-phát triển kịp và theo sát mực nước biển dâng, để rạn Đá Tây trở thành rạn bám sát. Thời kỳ dài tiếp theo, do mực biển dâng nhanh, quần thể san hô phát triển không theo kịp, suốt thời gian dài

luôn phải bám đuổi theo mực nước biển (ran đã luôn phải là ran bám đuổi). Kể từ mốc 6.000 năm trở lại đây, mực nước biển chững lại rồi hạ xuống đến vị trí hiện nay, quần thể san hô có cơ hội phát triển kịp rồi bám sát mực nước biển để ran trở thành ran bám sát. Như vậy, kể từ dấu đột biến tiến cuối cùng đến nay, ran Đá Tây đã hai lần là ran bám sát: giai đoạn đầu của đợt biến tiến và giai đoạn hiện nay, còn ở giai đoạn giữa hai giai đoạn đó, ran Đá Tây đã là ran bám đuổi. Mỗi lần là ran bám sát, một thế hệ các lạch được hình thành. Thế hệ lạch thứ nhất gồm 2 lạch (lạch số 1 và số 2). Thế hệ lạch thứ hai bao gồm 4 lạch (lạch số 3, số 4, số 5 và số 6).

VI-C.2 Kiến thiết luống vào ran Đá Tây

VI-C.2-a Chọn lạch tự nhiên:

C-2.a. Quy mô lạch: ① Trên tuyến I-I có lạch số 1. Độ sâu lạch 10 - 11m. Lạch có tiết diện ngang dạng chữ V và có độ rộng khoảng 250 - 270m và giảm dần theo độ sâu. Ở độ sâu 9m lạch rộng khoảng 185m, độ sâu 10m lạch rộng 60m, độ sâu 11m cửa lạch rộng khoảng 40m. Lạch có hướng gần như Bắc-Nam. Chiều dài lạch khoảng 420m. ② Trên tuyến II-II có lạch số 2. Lạch có tiết diện ngang dạng chữ V, độ sâu lạch 10 - 11m. Lạch rộng 60 - 80m và giảm dần theo độ sâu: 9m lạch rộng 45m, độ sâu 10m lạch rộng khoảng 30m, chiều dài lạch khoảng 420m và có hướng kéo dài Đông Bắc-Tây Nam. ③ Trên tuyến III-III có bốn lạch: Lạch số 3 có tiết diện ngang dạng chữ V thoải, độ sâu 5 - 8m, lạch rộng khoảng 510m. Chiều dài lạch khoảng 1470m và kéo dài Bắc Tây Bắc-Nam Đông Nam. Lạch số 4 có tiết diện ngang dạng chữ V với độ sâu 5 - 8m, lạch có hướng gần Bắc-Nam và chiều rộng 240m, chiều dài lạch 1200m. Lạch số 5 có tiết diện ngang dạng chữ U thoải độ sâu 5-8m có hướng kéo dài Đông Bắc - Tây Nam. Chiều rộng lạch khoảng 600m và giảm dần theo độ sâu. Chiều dài lạch 1320m. Lạch số 6 có tiết diện ngang dạng chữ V hẹp với độ sâu 5 - 8m. Lạch rộng khoảng 110 - 120m và kéo dài gần như Bắc-Nam.

C-2.b. Nền móng lạch: Trong số 6 lạch thông vụng trung tâm với biển khơi chỉ lạch số 1 và lạch số 2 có nền đáy cấu thành từ đá gốc cổ được hình thành cách đây ít nhất khoảng 125.000 năm, còn các lạch số 3, số 4, số 5 và số 6 có nền đáy cấu thành từ các đá trẻ được hình thành cách đây không quá 18.000 năm. Các đá gốc cổ chịu biến đổi sâu, mức độ kết tinh cao, đồng nhất-đơn điệu thành phần cao, dolomite hóa mạnh và độ rắn chắc hơn các đá trẻ. Đá tạo nên vách của các lạch tương đương nhau và chúng đều là những đá trẻ. Chính vì thế, có thể xem nền đáy của lạch số 1 và lạch số 2 vững trãi và ổn định hơn nền đáy của các lạch số 3, số 4, số 5 và số 6. Để có luống vào ran một cách hoàn chỉnh (không loại trừ phải xây đắp thêm và đào khoét sâu vào nền tự nhiên của lạch, nên chọn hai lạch số 1 và số 2).

C-2.c. Vai trò lưu thông nước: Do mực nước thủy triều cao nhất ở vùng ran Đá Tây có thể đạt tới 2,1m nên khối nước trong vụng trung tâm khi triều lên có thể tăng thêm 60 tr. m³ so với khi triều thấp. Như thế, trong sự dao động thủy triều lên-xuống một khối nước khổng lồ ra-vào vụng trung tâm chủ yếu theo 6 lạch và một phần tràn qua mặt bằng ran khi triều đang ở mực cao nhất. Trong số 6 lạch, thì khối nước qua lạch số 1 và số 2 lớn nhất, vai trò lưu thông nước của hai lạch số 1 và số 2 là rất lớn-rất quan trọng. Chính vì thế dòng chảy qua hai lạch này khá mạnh vài chục cm/s.

C-2.d. Quần thể san hô: Trong phạm vi lạch, quần thể san hô phát triển thưa và thưa nhất trong hai lạch số 1 và số 2. Trong lạch số 3, số 4, số 5 và số 6 có mặt các loài san hô chịu được dòng yếu hơn các loài san hô trong lạch số 1 và số 2.

C-2.e. Quá trình tích tụ: Quá trình tích tụ diễn ra yếu ở lạch số 3, số 4, số 5 và số 6. Ở các lạch này vật liệu cấp sạn và cát thô được tích tụ tạo nên lớp sạn-cát hiện đại với độ dày biến động theo thời gian. Còn ở lạch số 1 và số 2 thì quá trình tích tụ không diễn ra hay diễn ra rất yếu của vật liệu cấp cuội để tạo nên lác đặc các đám cuội lót đáy lạch. Các đám cuội lót đáy này thường biến động mạnh theo thời gian hoặc mở rộng diện hoặc biến mất hẳn.

VI-C.2-b Kiến thiết lạch và tạo luống vào ran:

C-2.a. Kiến thiết nền đáy lạch: Tu chỉnh tạo mặt đáy nền lạch số 1, loại bỏ các tháp-mỏm và khối đá san hô tạo mặt đáy phẳng hơn. Có thể phải đào khoét sâu xuống đáy ở khu vực có gờ đá hẹp nông ở độ sâu 8 m. Bằng cách làm trên biển khu vực nông này trở nên sâu hơn và ngang bằng với khu vực sâu nhất (10-11m). Do khu vực đáy nông này cấu thành từ các đá cổ, rắn chắc với mức độ kết tinh cao, dolomite hóa khá nên có thể thực hiện được công tác sử lý-đào khoét mà ít để lại hậu quả và ít gây tổn hại cho nền đáy chung.

C-2.b. Gia cố vách lạch: Mặt cắt địa chất của vách lạch số 1 bao gồm các đá vụn khung-cành san hô, đá đầm san hô và đá cát san hô luân phiên nhau. Các đá trên là những đá vụn có độ gắn kết chưa cao và

lượng xi măng; mức độ hóa đá và mức độ dolomite còn thấp. Đây là những đá trẻ hình thành đầu đó khoảng 18.000 năm trở lại đây. Do những nguyên nhân trên mà độ rắn chắc và tính ổn định của các đá vách lạch còn thấp. Vì thế, cần gia cố nhằm nâng độ rắn chắc-độ gắn kết của các đá trên, tạo ra sự ổn định cho vách lạch. Gia cố làm gia tăng độ gắn kết của các đá vụn bằng phương thức tiếp thêm vật liệu phụ gia-đồng vai trò gắn kết các mảnh vụn của đá lại với nhau chặt chẽ hơn. Đây có thể gọi là quá trình xi măng hóa nhân tạo. Ở đây có thể phải sử dụng phương pháp khoan tạo ra các lỗ để bơm dung dịch phụ gia. Còn có thể gia cố bằng phương thức kê vách. Cần khảo cứu chi tiết nhằm phát hiện các đoạn-khu vực vách yếu để lên phương án kê khoa học và hợp lý.

C-2.c - Công tác duy tu-bảo dưỡng luồng

Từ góc độ địa chất, công tác duy tu-bảo dưỡng luồng tập trung vào ngăn chặn và hạn chế sự cộm lên và sự xói mòn nền đáy luồng; sự bồi thêm và sự sạt lở vách luồng. Tất cả những hiện tượng trên về bản chất có thể quy về hai quá trình địa chất chính : quá trình tích tụ và quá trình xói mòn. Hai quá trình trên ở ran san hô nói chung diễn ra rất nhanh và mạnh nên cần sớm đầu tư cho công tác quan trắc và đo đạc nhằm kịp thời phát hiện và có các giải pháp hợp lý để ngăn chặn các quá trình đó. Để hạn chế quá trình tích tụ trước hết phải tìm và ngăn chặn nguồn cung cấp vật liệu trầm tích; phải tiến hành làm thay đổi địa hình tích tụ và động lực môi trường tích tụ. Để hạn chế quá trình xói lở cần tìm và ngăn chặn dòng-thủy động lực gây nên phá hủy-xói lở; tính toán tìm sự thiếu hụt nguồn vật liệu tích tụ; khơi nguồn vật liệu trầm tích cung cấp cho khu vực, nơi đang diễn ra quá trình xói lở và tạo điều kiện thuận lợi về địa hình và động lực môi trường để quá trình tích tụ diễn ra, chính là tạo thuận lợi cho quá trình tích tụ đối chọi với quá trình xói mòn, tiến đến tạo ra sự cân bằng giữa hai quá trình xói mòn và tích tụ.

KẾT LUẬN

A. ĐỊA CHẤT CÁC RẠN SAN HÔ Ở QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA

1 - Các rạn san hô (RSH) ở quần đảo Trường Sa (QĐTS) là kết quả tích góp tàn tích khung xương của các loài san hô đá (stony corals). Những loài san hô này nằm trong lớp Anthozoa thuộc ngành xoang tràng Coelenterata. Ngành Coelenterata chia thành 3 lớp chia thành 3 lớp: Anthozoa, Hydrozoa và Scyphozoa. Lớp Anthozoa được chia thành ba phụ lớp với 13 bộ, trong đó bộ Madreporaria hay Scleractinia có số loài san hô nhiều nhất. Các rạn san hô được tạo thành chủ yếu từ các san hô cứng (san hô đá) thuộc bộ này. San hô hình thành nên rạn được gọi là san hô tạo rạn (Hermatypic coral = Reef building coral = stony coral). San hô là tiền đề - yếu tố cần cho tạo rạn (*San hô ảnh hưởng trực tiếp đến tạo rạn*).

2 - Sinh vật san hô sống trong khối nước biển, rất ít loài có khả năng sống sót với thời gian rất ngắn khi nhô lên khỏi mặt nước biển. San hô chủ yếu phát triển vươn lên phía trên, thiên hướng bám sát mực nước biển và phát triển mạnh ở lớp nước trên cùng. Với đặc thù trên mà nước biển càng dâng cao, san hô càng vươn-lớn lên. Kết quả, sự tăng trưởng của san hô nhờ vào sự dâng cao mực nước biển. Sự dâng mực nước biển là yếu tố đủ cho tạo rạn. (*Sự dâng mực nước biển ảnh hưởng gián tiếp đến tạo rạn thông qua quần thể san hô*).

3 - Vùng biển Trường Sa đã và vẫn đang là vùng biển nhiệt đới, vùng biển sâu có các khu vực đáy nóng. Do là vùng nước ấm (nhiệt độ mùa đông thấp nhất 18°C và nhiệt độ cao nhất về mùa hè không vượt quá 36°C) và có nhiều khu vực nước nóng (từ 0m đến 40m) nên san hô từ lâu đã xuất hiện, tồn tại và phát triển. Các khu vực nước nóng ngoài biển khơi sâu thường là những khối núi (*marine moutaints*), đặc biệt là núi lửa (*volcanoos*). Các khu vực nước nóng là tiền đề-yếu tố đủ cho tạo rạn. (*Khu vực nước nóng ảnh hưởng gián tiếp đến tạo rạn thông qua quần thể san hô*).

4 - Khối núi ngoài biển tạo ra khu vực nước nóng dạng dải vòng. Dạng vòng là do dải nước nóng đó kế thừa hình dáng đường đồng mức của thân núi. Dạng vòng càng được lưu giữ mãi và củng cố nhờ thiên hướng phát triển-mọc lên phía trên của san hô. Kết quả là các rạn san hô có hình vòng trên bình đồ. Về cơ bản, dạng vòng bầu dục ngắn do kế thừa một khối núi, còn dạng vòng bầu dục dài do kế thừa dãy núi. Bình đồ dạng vòng của rạn san hô do kế thừa hình dáng đồng mức thân khối núi và được củng cố theo thời gian nhờ thiên hướng mọc thẳng của san hô.

5 - Sườn rạn phía biển dốc đứng kết quả sự kế thừa thiên hướng mọc thẳng của sinh vật san hô. Sườn rạn phía vùng thoải kết quả kế thừa địa hình tích tụ trầm tích vụn.

6 - Cùng với sự dâng của mực nước biển hay sự sụt lún khu vực, khối núi ngày càng ngập chìm sâu dưới mực nước biển, còn rạn san hô dạng vòng ngày càng phát triển lên cùng mực nước biển. Khi hoàn toàn ngập chìm dưới mực nước biển, thể vào chỗ của khối núi là một vùng nước. Vùng nước này thì nông, đáy là khối núi và viền quanh là rạn san hô vòng (vùng trung tâm). Vùng trung tâm kết quả ngập chìm hoàn toàn khối núi và sự phát triển của rạn san hô dạng vòng.

7 - Phần rạn san hô dạng vòng cấu thành chủ yếu từ khung san hô nguyên vẹn hóa đá sau khi chết (Đá khung san hô). Những khung san hô hóa đá đã tạo nên phần thân ngoài của rạn-được xem là khung xương rạn (Phần khung xương rạn). Các mảnh vụn của khung san hô (đá vụn san hô) được tích góp phía trong phần rạn vòng đã tạo nên phần thân trong của rạn-được xem là phần thịt rạn (Phần thịt rạn). Như vậy, rạn san hô có hai phần cấu trúc: khung xương và thịt. Phần khung xương được hình thành trước chủ yếu từ khung san hô nguyên vẹn, che chở-bảo vệ phần thịt-phần được hình thành sau chủ yếu từ các mảnh vụn san hô.

8 - Các đá tạo rạn (ĐTR) về thành phần vật chất, cấu thành từ khung xương san hô và mảnh vụn của chúng. Về thành phần khoáng vật, trong các ĐTR nhóm khoáng vật Cacbonat, mà đại diện là Canxit và Argonit chiếm chủ yếu (>80%). Về hợp chất hoá học các ĐTR chứa >80% hợp chất CaCO_3 và chúng thuộc nhóm đá vôi, vì thế chúng dễ bị hoà tan, rửa lữa trong môi trường axit yếu.

9 - Các ĐTR có độ rỗng-xốp cao, giòn, dễ vỡ-gãy và dễ bị hoà tan-rửa lữa khi tiếp xúc với nước khí quyển. Các ĐTR biến đổi chủ yếu theo hướng đơn điệu thành phần khoáng vật (chỉ là hoặc canxit hoặc aragonit) hay theo hướng dolômít hóa.

10 - Các ĐTR được phân theo cơ chế hình thành: Đá khung san hô và đá vụn san hô; Theo nguồn gốc-xuất xứ vật liệu tạo đá: Đá san hô và đá Guano; Theo mức độ hóa đá: Thành tạo bờ rời và thành tạo dính-gắn kết; Theo theo quan hệ và tỉ lệ giữa vật liệu tạo khung đá và vật liệu lên khung đá: Đá khung san hô khối, Đá khung san hô cạnh, Đá khung san hô rêu, Đá khung san hô đĩa và Đá cuội-tảng san hô, Đá cát-bột san hô, Đá bùn vôi lẫn vụn, Đá vụn vôi lẫn bùn; Theo thành phần khoáng vật: Tất cả các ĐTR được xếp vào nhóm đá cacbonat.

11 - Các ĐTR hình thành từ mốc 125.000 năm trở về trước (đá cổ) hoá đá mạnh và chắc hơn nhiều các ĐTR hình thành từ 18.000 năm trở lại đây (đá trẻ)

12- Mặt ranh giới giữa hai tầng đá cổ và đá trẻ là mặt xói mòn nằm ở độ sâu 8-18m.

13- Phần khung xương phát triển tiên phong chủ yếu lên phía trên (mắm-mào rạn) và thể hiện trên bình đồ dạng vòng (Rạn vòng). Sự phát triển vòng khung xương rạn tùy thuộc vào tốc độ lớn của san hô. San hô(SH) lớn lên phía trên được kích thích bởi sự dâng mực nước biển (MNB). ① Khi san hô lớn lên không kịp mực nước biển dâng, rạn tụt hậu thậm chí diệt vong nếu nằm sâu dưới MNB trên 40 m (Rạn tụt hậu); ② Khi SH lớn gần kịp MNB-rạn bám đuối và cách MNB dưới 10 m-rạn còn phát triển tiếp ngay cả khi MNB không dâng (Rạn bám đuối) ③ Khi SH lớn kịp MNB-rạn bám sát MNB và ngưng phát phát triển khi MNB không dâng (Rạn bám sát). Mắm-mào rạn cấu thành chủ yếu từ các loài san hô ngắn, mập, chắc và khoẻ chịu được sóng và dòng cuộn.

14 - Rạn bám sát nên chịu ảnh hưởng mạnh của hoạt động thủy triều. Triều lên nước ngoài biển dồn vào vùng bên trong rạn vòng, triều xuống nước bên trong rạn rút ra biển. Khối nước di chuyển vào-ra vùng trung tâm thông qua phần phát triển tiên phong của rạn bám sát khi triều lên xuống dẫn đến sự phá vỡ vòng này thành nhiều đoạn-khúc. Vì thế, rạn vòng bị đứt đoạn trên bình đồ (Rạn có bờ vòng đứt đoạn). Rạn bám đuối do nằm cách MNB nên không chịu ảnh hưởng mạnh của hoạt động thủy triều, kết quả rạn vòng vẫn giữ nguyên không bị phá vỡ thành nhiều đoạn-khúc (rạn có bờ vòng liền).

15 - Cấu trúc bên trong rạn gồm phần khung xương và phần thịt. Cấu trúc bên ngoài rạn gồm sườn rạn, mặt trước rạn, mào rạn, mặt bằng rạn, mặt sau rạn, đáy vùng trung tâm. Rạn còn có cấu trúc phân tầng-khối. Mỗi tầng-khối là sản phẩm của một đợt biển tiến. Ranh giới giữa các tầng khối là mặt xói mòn. Mỗi mặt xói mòn là dấu vết của một đợt biển thoái.

16 - Các RSH ở QĐTTS đã phát triển qua 4 mốc quan trọng nhất: ① Gian băng cuối cùng (125.000 năm trước đây). ② Băng hà cuối cùng (21.000 năm trước đây). ③ Đợt dâng mực nước biển cao nhất gần đây (6.000) và ④ hiện nay (mực nước biển thấp hơn mốc thứ ba khoảng 5-6 m). Ở mốc thứ nhất các RSH phát triển rực rỡ. Ở mốc thứ hai các RSH đều chịu hong khô-phong hóa. Ở mốc thứ ba nhiều RSH phát triển rực rỡ trở lại, còn số khác bị tiêu vong-tụt hậu phát triển không kịp với mực nước biển dâng nhanh. Ở mốc thứ tư, số RSH tụt hậu ở mốc thứ ba phát triển rực rỡ, ngược lại số rạn rực rỡ thì lại chịu phá hủy. Trong số các RSH rực rỡ có rạn phát triển cực thịnh bám sát được mực nước biển

(và không thể phát triển vượt lên trên mực nước biển được nữa, tạm xem là ngưng phát triển) và có rạn chưa bám được sát mực nước biển nên còn tiếp tục phát triển lên. Kết quả đã tạo ra 3 thể hệ RSH ở QĐTS: Rạn phá hủy, rạn ngưng phát triển và rạn còn đang phát triển.

17 - Các RSH ở QĐTS được phân: ① - theo nền móng rạn (lõi rạn): Rạn trên một dãy núi và Rạn trên một toà núi. ② - theo Quan hệ với đảo núi: Rạn viền; Rạn rào chắn và Rạn đảo vòng. ③ - theo bình đồ rạn: Rạn có vụng bên trong với bờ vòng liền và luôn chìm; Rạn có vụng bên trong với bờ vòng đứt đoạn và lập lờ; Rạn có vụng bên trong với bờ vòng đứt đoạn và luôn nổi và Rạn có đảo đơn với thềm nông bao quanh. ④ - theo Quan hệ với mực nước biển: Rạn "Bám Đuối"; Rạn "Bám Sát" và Rạn "Tụt Hậu II". ⑤ - theo xu thế phát triển: Rạn còn tiếp tục phát triển lên phía trên (Theo chiều cao); Rạn ngưng phát triển và Rạn phá hủy.

18 - Rạn Đá Tây được kế thừa và xây trên một dãy núi hướng ĐB-TN; là rạn bám sát - rạn ngưng phát triển - rạn có bờ vòng đứt đoạn. Rạn có 2 lạch rộng và sâu, gần với mốc đầu thứ ba và 4 lạch hẹp và nông, gần với mốc thứ tư. Vụng trung tâm rộng lớn và nông. Rạn có khúc bờ Đông Bắc mấp mé mực nước biển, nơi có một vài gò nhỏ cát san hô nổi. Cũng như các RSH khác ở QĐTS, rạn Đá Tây đã trải qua thời kỳ hong khô-phong hóa dài tới 100.000 năm (từ 125.000 đến 21.000 năm trước ngày nay), 100.000 năm không phát triển và chịu phá hủy. Mặt phong hóa của thời kỳ đó nằm ở độ sâu 14-17 m so với mực nước biển hiện tại. Các đá cổ (trước 125.000 năm) nằm dưới mặt phong hóa chịu biến đổi và hóa đá-đơn điệu hóa hơn rất nhiều so với các đá trẻ (sau 21.000 năm) nằm phía trên mặt phong hóa.

19 - Rạn Đá Tây là một trong số 3 rạn ổn định nhất ở QĐTS (rạn Tốc Tan và rạn Đá Đông) có vụng trung tâm. Tính ổn định của rạn được đánh giá bởi các yếu tố sau: ① - Rạn sẽ không biến động trong tương lai do nó đã phát triển đạt cực thịnh - không thể phát triển thêm nữa (ngưng phát triển). ② - Bờ vòng Rạn có phần cao nhất là bờ vòng chỉ mấp mé mặt biển nên hạn chế được sự phá hủy của động lực biển. ③ - Rạn có vụng trung tâm với các lạch thoát nước khi triều rút nên bờ vòng-phần cao nhất của rạn tránh được sự phá hủy gây ra bởi các khối nước di chuyển. ④ - Rạn có hướng kéo dài ĐB-TN trùng với hướng hoạt động của hai dòng biển chính nên hạn chế được sự phá hủy của chúng.

20 - Ở rạn Đá Tây, đáy của 2 lạch rộng và sâu cấu thành từ các đá cổ, biến đổi mạnh-mức độ kết tinh cao và rắn chắc-vững trãi hơn rất nhiều so với đáy của 4 lạch hẹp và nông cấu thành từ các đá trẻ. Trong số 2 lạch rộng và sâu có lạch số 1 liền vách với sườn của khúc bờ nổi Đông Bắc, nơi có gờ nhỏ cát san hô nổi. Lạch số 1 cho nhiều khả năng mở luồng và xây bến đậu. Dòng ra-vào lạch số 1 có hướng gần như bắc-nam nên tránh được ảnh hưởng trực tiếp hoạt động của các dòng biển chính: dòng Đông Bắc (mùa đông) và dòng Tây Nam (mùa hè).

21 - Vụng trung tâm đóng vai trò một bồn tích tụ, đáy vụng ngày càng nông lên bởi rạn không phát triển lên phía trên (bờ vòng không cao lên do mực nước biển đứng tại chỗ hay đang không đáng kể so với đợt biển tiến gần đây nhất ở giai đoạn 21.000 - 6.000 năm trước ngày nay).

22 - Lạch số 1 có nhiều khả năng trở thành luồng ra-vào cho tàu, thuyền do nó có nhiều ưu thế: ① - Quy mô lạch: dài 420m x rộng 300m x sâu 11m; ② - Nó là lạch ngắn nhất nối biển và vụng trung tâm; ③ - Khu vực thuận cho xây bến đậu nằm rất gần với nó ④ - Cửa phía biển của nó ít có khả năng ùn tắc do bồi tụ bởi nơi đây đang hoạt động một mảng xói ⑤ - Đáy của nó rắn, cứng và trơ, trên đó lác đác phân bố các đám cuội-tảng trong trạng thái di động (vàng bùn-sét) ⑥ - Việc đào khoét nền đáy của nó ở phần thuộc đáy vụng trung tâm có thể thực hiện được mà ít để lại hậu quả xói mòn (do đáy vụng trung tâm hiện đang diễn ra quá trình tích tụ) ⑦ - Nó nằm liền kề với đầu ĐB rạn - đầu ổn định hơn so với đầu TN rạn (nơi có lạch số 2) - đầu này còn có thể biến động-phát triển lên, do ngập chìm sâu hơn đầu ĐB ⑧ - Hướng chủ đạo của nó là bắc-nam ⑨ - Đáy của nó chìm từ từ xuống biển (không sâu đột ngột) ⑩ Vách của nó liền với khu vực thuận cho xây bến đậu thì khá dốc (tiện cho cập tàu thuyền).

23- Mở luồng vào rạn Đá Tây theo lạch số 1 sau khi tiến hành một số nắn chỉnh cần thiết : đào khoét sâu một khu vực đáy nông (8m) tạo đáy sâu đồng đều (10-11m) và gia cố vách lạch đồng thời là sườn của khu vực thuận cho xây bến đậu.

24- Có thể tìm thấy các rạn "chết" - tụt hậu I ở độ sâu 30-40m và có thể mong đợi một số rạn sẽ xuất hiện nguyên trước là rạn tụt hậu nay có cơ hội bám kịp mực nước biển trở thành rạn bám đuôi hoặc bám sát ở phần Đông Bắc QĐTS.

B. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐỊA CHẤT
(cho lựa chọn đối tượng - khu vực mở luồng)

Để lựa chọn đối tượng - khu vực mở luồng cần tính đến hàng loạt các yếu tố, đặc điểm liên quan đến các đá tạo rạn, cấu trúc rạn, địa hình - địa mạo mặt đỉnh rạn, xu thế tồn tại và phát triển của rạn liên quan đến tiềm tàng bất ổn định của rạn.v.v...

1. Loại đá (Đá khung san hô hay Đá vụn san hô)
2. Mức độ gắn kết-hóa đá (Gắn kết hay bờ rời – Đơn điệu thấp hay đơn điệu cao, kết tinh hay hoa cương- dolomite thấp hay dolomite khá).
3. Thành phần khoáng vật (Canxít và Aragonite).
4. Tuổi đá (Đá cổ hay Đá trẻ).
5. Khả năng-tiềm năng thay đổi - biến đổi của nền đá (hoà tan hay rửa lũa).
6. Đặc điểm phân bố các tướng đá (Trên diện tích: chuyển tiếp hay đột ngột).
7. Địa tầng khu vực (Tỉ lệ hai loại đá khung san hô và đá vụn san hô).
8. Tính ổn định và độ bền vững của rạn do các đá tạo rạn.
9. Kiểu rạn [Rạn vụng trung tâm và bờ vòng (ngập chìm, mấp mé, nổi) hay Rạn đảo nổi trung tâm và thềm nước nông bao quanh].
10. Cấu trúc bên ngoài rạn (Mặt bằng rạn: phần phía biển và phần phía vụng, Đảo cát, Sườn rạn phía vụng, Vụng trung tâm).
11. Phần cấu trúc bên ngoài quan trọng của rạn (bộ phận phát triển của rạn- bộ phận bảo vệ rạn).
12. Đặc điểm bờ vòng (Liên và ngập chìm, Đứt khúc và nổi, lập lờ).
13. Quy mô, Đặc điểm vụng trung tâm và Địa hình đáy của nó
14. Đặc điểm địa hình mặt đỉnh rạn (Địa hình cao, Địa hình ngang, Địa hình thấp).
15. Cấu trúc bên trong (Phần khung xương hay Phần thịt rạn).
16. Thế hệ - Quy mô - Đặc điểm-Hướng chủ đạo các lạch tự nhiên (Dài, Rộng, Sâu; Thế hệ cổ và trẻ; Hướng chịu ảnh hưởng hay không chịu ảnh hưởng của các dòng biển; Nền đáy và các quá trình địa chất: tích tụ và xói mòn).
17. Xu thế phát triển của rạn (còn phát triển, ngưng phát triển, phá hủy). —
18. Mật phân tầng - khối cấu trúc nông nhất (Vị trí - độ sâu mặt xói mòn băng hà gần đây nhất).
19. Tính ổn định và Độ bền vững của rạn do cấu trúc rạn
20. Tai biến có thể xảy đến với rạn san hô (tiềm tàng bất ổn tại các khu vực trên rạn san hô: Sườn rạn phía biển, Mặt trước rạn, Mào rạn, Mặt bằng rạn, Đảo cát san hô, Sườn rạn phía vụng).
21. Đặc điểm địa chất của khu vực thuận cho mở luồng (cấu trúc địa chất: khúc bờ đứt đoạn-lạch tự nhiên: hình thành do quá trình tiến hoá rạn (bền chắc - ổn định) hay do quá trình phá hủy địa chất (móng manh - không ổn định).
22. Các yếu tố - quá trình chi phối địa hình, cấu trúc và sự tồn tại, phát triển khu vực thuận cho mở luồng và khu vực thuận cho xây bến đậu (các quá trình địa chất: quá trình tích tụ và quá trình xói mòn).

LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn Vụ I - Bộ Kế hoạch và Đầu Tư, Cục Tác chiến - Bộ Quốc phòng, Vụ Quản lý Khoa học Xã hội và Tự nhiên - Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường (nay là Bộ Khoa học và Công nghệ), Ban Kế hoạch và Tài chính -Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Lãnh đạo Phân viện Hải dương học tại Hà Nội đã tạo mọi điều kiện về kinh phí, nguồn tài liệu để đề tài hoàn thành tốt nhiệm vụ - nội dung khoa học. Tập thể tác giả tỏ lời biết ơn đến các nhà khoa học đã tham gia tích cực thực hiện đề tài và đóng góp - trao đổi ý kiến cho báo cáo tổng kết và mong tiếp tục nhận được sự cộng tác và giúp đỡ trong thời gian tới. Tập thể tác giả hàm ơn sâu sắc đến Ban chỉ huy các đảo Trường Sa, Nam Yết, Sơn Ca, Song Tử Tây, Đá Tây, Phan Vinh, Thuyền Chài...v.v. đã tạo mọi điều và sự giúp đỡ cần thiết cho các cán bộ khoa học tiến hành khảo sát thực địa trên những đảo nói trên.