

ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC MÓNG TRƯỚC KAINOZOI KHU VỰC QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA VÀ LÂN CẬN

Nguyễn Quang Minh*, Trần Tuấn Dũng

Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
*E-mail: nqminh@imgg.vast.vn

Ngày nhận bài: 22-6-2016

TÓM TẮT: Khu vực quần đảo Trường Sa nằm ở phía nam Biển Đông chịu ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo mạnh mẽ trong Kainozoi, móng trước Kainozoi bị phân dị mạnh và có cấu trúc phức tạp. Để luận giải lịch sử kiến tạo trong Kainozoi cần phải xác định được cấu trúc nâng hạ, độ sâu móng và hệ thống đứt gãy phát triển trong móng. Phương pháp mô hình 3D dị thường trọng lực là một cách tiếp cận hiệu quả giải quyết vấn đề cấu trúc nói trên. Trong bài báo này, áp dụng phương pháp tensor gradient trọng lực xác định độ sâu móng; Phương pháp lọc trường và phương pháp gradient ngang cực đại xác định hệ đứt gãy phát triển trong móng. Dựa vào độ sâu móng và phân bố hệ đứt gãy phân chia móng thành các đơn vị cấu trúc riêng biệt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sai số giữa độ sâu móng mô hình với tài liệu giếng khoan là khoảng 3%. Cấu trúc móng phân dị khá phức tạp, độ sâu mặt móng biến đổi từ vài km ở gần bờ đến hơn 10 km ở bể Tư Chính - Vũng Mây; Hệ đứt gãy phần lớn có phương chủ đạo là đông bắc - tây nam.

Từ khóa: Quần đảo Trường Sa, cấu trúc, móng trước Kainozoi, mô hình 3D trọng lực.

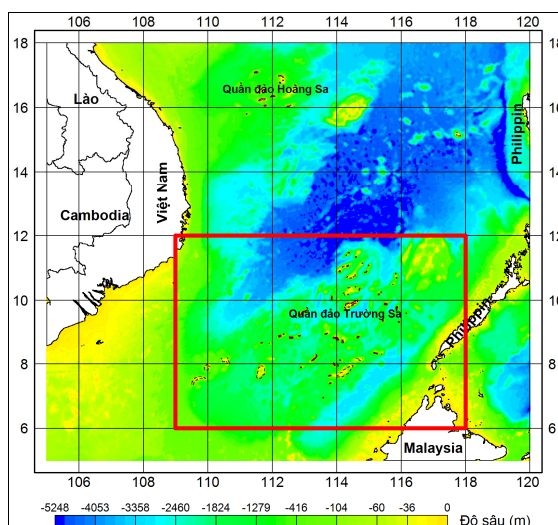
MỞ ĐẦU

Khu vực nghiên cứu được giới hạn trong khoảng từ 109° đến 118° Kinh Đông và từ 6° đến 12° Vĩ Bắc, với tổng diện tích xấp xỉ 660.000 km² (hình 1). Do nằm ở phía nam Biển Đông nên khu vực quần đảo Trường Sa (QĐTS) và lân cận chịu ảnh hưởng mạnh của các hoạt động mở Biển Đông trong Kainozoi [1-5]:

Từ cuối Mesozoi đến đầu Kainozoi, hoạt động xô húc giữa mảng Ấn - Úc với mảng Âu - Á gây ra tách giãn đại dương Biển Đông, đẩy khu vực QĐTS về phía đông nam.

Vào giữa Kainozoi, quá trình lún chìm nhiệt xảy ra mạnh mẽ.

Vào cuối Kainozoi, hoạt động trầm tích lấp đầy các địa hào, xóa nhòa ranh giới cấu trúc và xuất hiện phun trào bazan Đệ tứ.



Hình 1. Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu

Hàng loạt sự kiện đan xen nhau trong một thời gian ngắn khiến cho móng bị phân dị, hình

thành các khối cấu trúc phức tạp. Để có thể luận giải về lịch sử kiến tạo trong Kainozoi thì cần phải xác định được độ sâu móng và hệ thống đứt gãy phát triển trong móng.

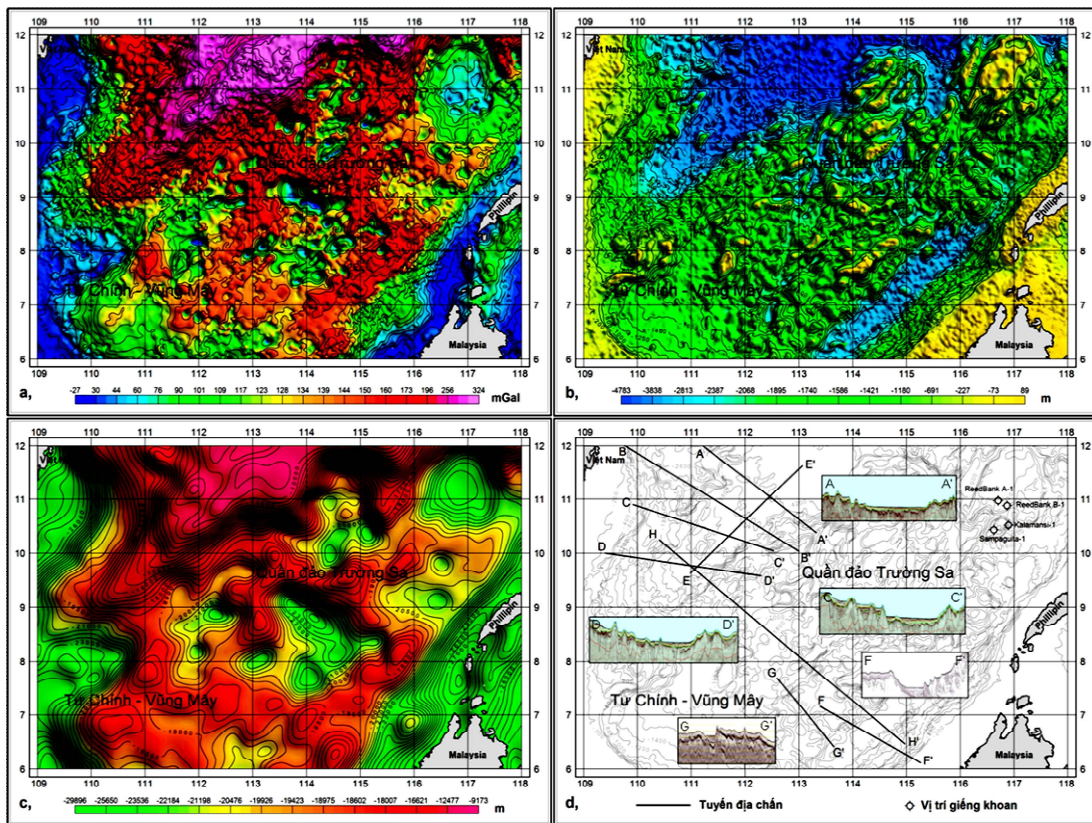
Một số nghiên cứu trước đã đưa ra sơ đồ độ sâu móng khu vực QĐTS [6], tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số hạn chế do chất lượng tài liệu không đồng đều qua từng giai đoạn và bỏ trống tại những khu vực thiếu tài liệu địa chấn. Phương pháp xây dựng mô hình 3D dị thường trọng lực là một cách tiếp cận mới để giải quyết vấn đề tồn tại trên. Phương pháp tensor gradient trọng lực được sử dụng để xây dựng mô hình độ sâu móng; phương pháp lọc trường tần số thấp và phương pháp cực đại gradient ngang để xây dựng sơ đồ phân bố hệ thống đứt gãy phát triển trong móng. Từ đó sẽ có được một bức tranh tổng thể về cấu trúc móng khu

vực QĐTS và lân cận góp phần làm sáng tỏ lịch sử phát triển, đồng thời, tạo tiền đề cho những thăm dò khai thác khoáng sản.

CƠ SỞ DỮ LIỆU

Trong nghiên cứu này, các dữ liệu về dị thường trọng lực, địa hình đáy biển và mặt cắt địa chấn phản xạ thu thập được từ các chương trình khảo sát biển trong và ngoài nước được sử dụng làm cơ sở đầu vào cho mô hình.

Nguồn dữ liệu dị thường trọng lực và địa hình đáy biển kết hợp số liệu đo cao vệ tinh với số liệu khảo sát đo đạc trực tiếp trên mặt biển. Nguồn dữ liệu này được thu thập từ Viện Hải dương học Script (Hoa Kỳ) với độ phân giải $1' \times 1'$. Phiên bản dữ liệu trọng lực vệ tinh và dữ liệu độ sâu đáy biển được sử dụng tương ứng là V23.1 và V18.1 [7-9] (hình 2a, 2b).



Hình 2. Các nguồn dữ liệu: a) Dị thường trọng lực Bughe, b) Địa hình đáy biển, c) Ranh giới Moho, d) Vị trí giếng khoan và một số mặt cắt địa chấn minh họa [2, 10, 11]

Ranh giới Moho là ranh giới dưới của vỏ Trái đất, việc xác định chính xác độ sâu đến

ranh giới đó là vô cùng khó khăn. Một số tuyến địa chấn sâu cũng có thể xác định ranh giới

này, nhưng cũng rất hạn chế và chỉ có được tại những vùng vỏ Trái đất mỏng. Về độ sâu mặt Moho trên khu vực Biển Đông phải kể đến kết quả của các công trình nghiên cứu [12-14]. Cho đến nay, thì xu thế biến đổi độ sâu mặt Moho ở các nghiên cứu trên là khá tương đồng. Hơn nữa, những nghiên cứu gần đây sử dụng băng địa chấn OBS (Oceanic Bottom System) qua khu vực trung sâu Biển Đông đã bổ sung mức độ chính xác cho độ sâu mặt Moho [6]. Mặt Moho với độ phân giải 1'×1' trong [15] được sử dụng chính trong nghiên cứu này (hình 2c).

Nguồn dữ liệu địa chấn và giếng khoan được thu thập từ các công bố trong và ngoài nước (hình 2d). Các giếng khoan này được Philippines thực hiện từ năm 1976 đến năm 1981, đều khoan đến móng. Đặc biệt là những nguồn dữ liệu mới từ các dự án khảo sát thăm dò dầu khí (cho đến thời điểm hiện tại), đó là: CSL-07, 08; JMSU-05, 07.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hệ phương pháp xác định độ sâu móng

Phương pháp tensor gradient trọng lực để xuất lần đầu bởi nhà khoa học Lorrand Eötvös (Hungary) năm 1886. Nhưng phải đến những năm đầu của thế kỷ 21, hệ thống đo tensor gradient trọng lực mới được giới thiệu cho các ngành công nghiệp tìm kiếm dầu khí, khoáng sản, nghiên cứu cấu trúc và tính toán mặt Geoid. Trong khảo sát tensor gradient trọng lực thì mục tiêu là đo sự thay đổi không gian trong từng thành phần của gia tốc trọng lực theo từng phương trục giao (x, y, z). Từ đó, các tensor gradient trọng lực có thể được biểu diễn như một ma trận 3×3 như sau:

$$\begin{pmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & T_{yy} & T_{yz} \\ T_{zx} & T_{zy} & T_{zz} \end{pmatrix}$$

Trong đó: T_{ij} là thành phần i của trọng lực thay đổi theo trục j (với i, j lần lượt là x, y, z).

Tuy nhiên, do việc khảo sát tensor gradient trọng lực khá phức tạp và tốn kém nên các nghiên cứu đều chủ yếu sử dụng các tensor gradient trọng lực được tính toán từ giá trị dị thường trọng lực. Ban đầu, mô hình này được sử dụng minh giải mặt cắt địa chất - địa vật lý. Đến năm 2001, Jorgensen, G. J., và Kisabeth, J. L., đã phát triển thành mô hình bài toán ngược trọng lực 3D và được tích hợp trong module GM-SYS 3D (Geosoft) [16]. Hệ phương pháp này được sử dụng để xác định độ sâu móng với tham số trường trọng lực và dữ liệu địa chất đã biết.

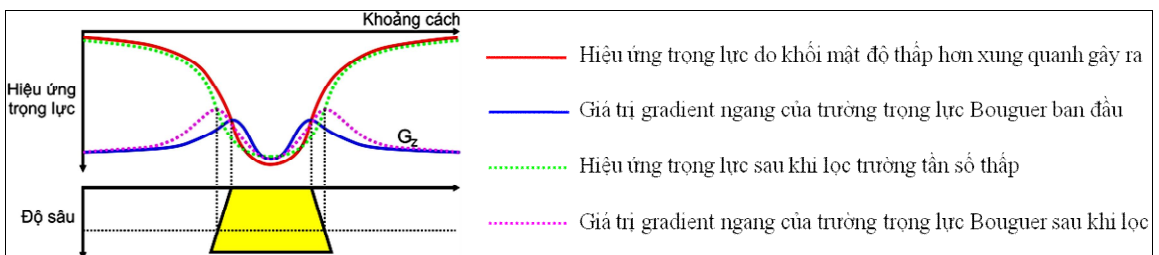
Hệ phương pháp xác định phân bố hệ thống đứt gãy

Cơ sở hệ phương pháp này dựa trên giả thuyết rằng:

Tại vị trí chênh lệch mật độ giữa các khối đất đá có khả năng xuất hiện đứt gãy;

Điểm gradient ngang cực đại thể hiện vị trí của sự chênh lệch mật độ đó.

Từ đó, phương pháp gradient ngang cực đại trường trọng lực Bughe và phương pháp lọc trường theo tần số được sử dụng để xác định phân bố không gian các đứt gãy trong móng [17].



Hình 3. Sơ đồ mô phỏng cách thức xác định vị trí điểm gradient ngang cực đại theo mặt cắt

Phương pháp cực đại gradient ngang trọng lực Bughe được sử dụng xác định vị trí chênh

lệch mật độ giữa các khối đất đá. Phương pháp này dựa trên sự so sánh giá trị gradient ngang

trong một mạng cơ sở (3×3) để xác định điểm cực đại.

Phương pháp lọc trường tần số thấp lọc bỏ dị thường với tần số cao hơn tần số cut-off cho trước (dị thường với tần số cao được gây bởi các khối cấu trúc nằm nông).

Hình 3 mô phỏng cách thức xác định vị trí điểm gradient ngang cực theo mặt cắt bằng cách sử dụng kết hợp hai phương pháp trên. Từ đó, hệ phương pháp này được áp dụng theo diện để xác định phương vị và hướng cắm của đứt gãy.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sơ đồ độ sâu móng

Sơ đồ độ sâu móng được xác định dựa trên mô hình tiên nghiệm cấu trúc vỏ Trái đất kết hợp với tham số trường trọng lực. Dựa vào những hiểu biết tổng quan về địa chất khu vực, mô hình tiên nghiệm được lựa chọn bao gồm bốn lớp thông tin: Nước biển, trầm tích, móng

và man-ti trên; ngăn cách giữa chúng là các mặt ranh giới cơ bản: Mặt nước biển, địa hình đáy biển, độ sâu móng và ranh giới Moho. Trong đó, ngoài địa hình đáy biển và ranh giới Moho đã được xem là thông tin tiên nghiệm thì độ sâu móng của mô hình ban đầu được giả định là một mặt phẳng có độ sâu 6.000 m.

Ngoài các hợp phần thông tin trên thì hợp phần đóng vai trò quan trọng nhất nhưng cũng khó xác định nhất trong mô hình là phân bố mật độ các lớp đất đá. Mật độ của lớp đất đá phụ thuộc vào thành phần thạch học đất đá cấu thành lớp đó. Do đó, mỗi đơn vị cấu trúc được đặc trưng bởi một tham số mật độ riêng. Để xác định mật độ lớp đất đá, module GM-SYS 2D được sử dụng để xây dựng các mặt cắt cấu trúc tổng hợp địa chất-địa vật lý theo các tuyến địa chấn trong khu vực nghiên cứu [17] và thu thập được từ những công bố của tác giả khác [18-20]. Từ đó, xây dựng được bảng tổng hợp về phân bố mật độ các lớp đất đá trong khu vực nghiên cứu (bảng 1).

Bảng 1. Bảng phân bố mật độ các lớp đất đá (g/cm³)

| Nước biển | Trầm tích | | Móng | | Man-ti trên |
|-----------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|-------------|
| | Thềm lục địa | Trũng sâu Biển Đông | Thềm lục địa | Trũng sâu Biển Đông | |
| 1,03 | 2,00 - 2,50 | 2,00 - 2,25 | 2,65 - 2,80 | 2,70 - 2,90 | 3,15 - 3,25 |

Trên bảng 1, mật độ lớp nước biển là không đổi với giá trị 1,03 g/cm³ và mật độ trung bình lớp man-ti trên là 3,20 g/cm³, biến thiên mật độ lớp này là không lớn. Tuy nhiên, mật độ đất đá có sự biến thiên khá mạnh theo chiều sâu và chiều ngang trong lớp trầm tích và lớp móng trên thềm lục địa và trũng sâu Biển Đông.

Đối với lớp trầm tích, mật độ đất đá lên đến 2,50 g/cm³ là do khu vực nghiên cứu xuất hiện những bể trầm tích dày trên thềm lục địa (lên đến hơn 7.000 m tại trung tâm trũng Vũng Mây [6]). Do đó, mật độ đất đá lớp này không thể lựa chọn giá trị trung bình mà cần thiết lập hàm phân bố mật độ dạng tuyến tính theo chiều sâu, tức là mật độ lớp trầm tích sát bề mặt có giá trị 2,00 g/cm³ và cứ xuống sâu 1.000 m thì giá trị mật độ lớp này tăng thêm 0,0714 g/cm³.

Đối với lớp móng, do khu vực nghiên cứu bao gồm một phần trũng sâu Biển Đông được hình thành trong quá trình mở biển nên mật độ

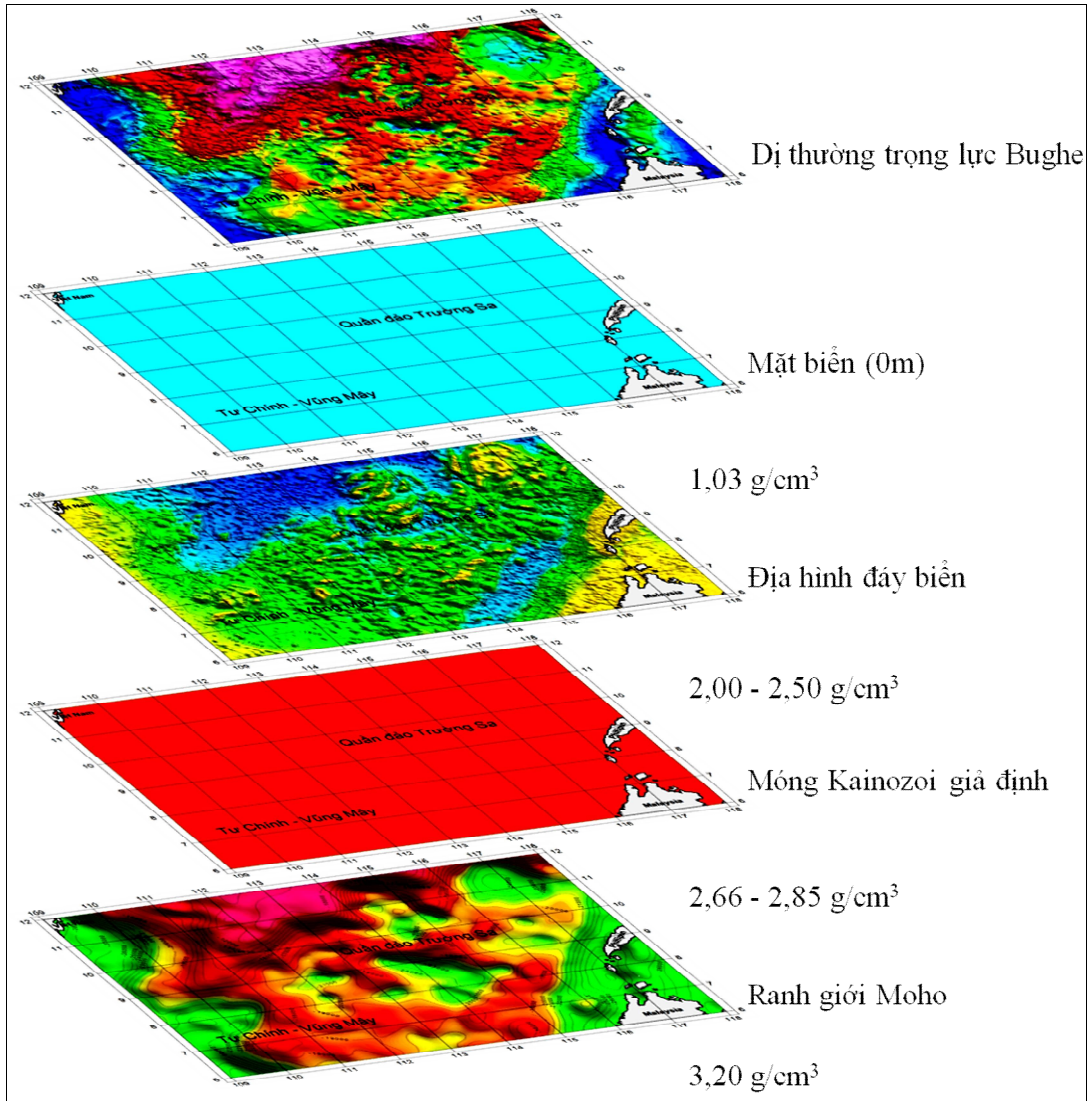
đất đá móng tại đây lớn hơn so với vùng thềm lục địa xung quanh. Mật độ đất đá móng biến đổi trong khoảng từ 2,66 - 2,85 g/cm³ tương ứng với phần thềm lục địa và trũng sâu Biển Đông.

Như vậy, mô hình tiên nghiệm cấu trúc vỏ Trái đất với các tham số đã biết và độ sâu móng giả định được minh họa trên hình 4. Mô hình được tính toán bằng module GM-SYS 3D. Module này thực hiện vòng lặp để thay đổi độ sâu móng giả định. Trong mỗi vòng lặp, giá trị dị thường trọng lực Bughe cùng với các tensor gradient của nó sẽ được sử dụng để so sánh với trường trọng lực gây ra bởi mô hình. Khi sai số giữa trường trọng lực mô hình và trường trọng lực thực tế đạt đến độ cho phép nào đó thì vòng lặp sẽ dừng lại. Khi đó các tham số của mô hình được cho là phù hợp với điều kiện thực tế.

Kết quả mô hình được kiểm tra với tài liệu giếng khoan ở phía đông bắc khu vực nghiên cứu (bảng 2). Theo bảng này, có thể thấy sai số

độ sâu trung bình đến móng giữa mô hình và giếng khoan thực tế chỉ khoảng 3%. Mặc dù, các giếng khoan trên chủ yếu tập trung ở khu vực Reed Bank nên không thể đại diện cho toàn

bộ khu vực nghiên cứu, nhưng đây có thể là kết quả bước đầu đáp ứng được yêu cầu nghiên cứu đối với những khu vực rộng lớn mà chưa có thăm dò khảo sát chi tiết.

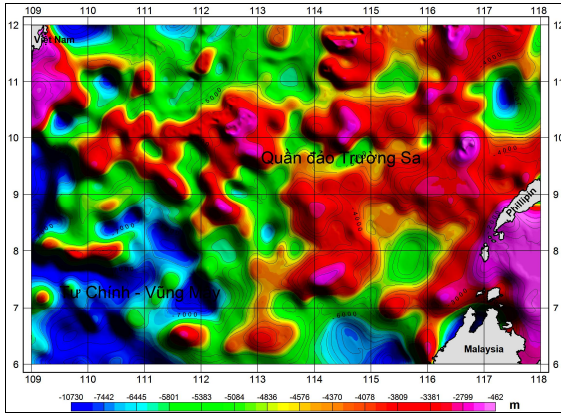


Hình 4. Mô hình tiên nghiệm

Bảng 2. Bảng đánh giá sai số độ sâu móng theo mô hình với tài liệu thực tế giếng khoan (xem vị trí trên hình 2d)

| Số hiệu giếng khoan | Độ sâu đáy biển (m) | Độ sâu móng (m) | | Sai số (%) |
|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------|------------|
| | | Theo tài liệu giếng khoan | Theo mô hình | |
| ReedBank A-1 | 54 | 2.777 | 2.801 | 0,8 |
| ReedBank B-1 | 132 | 3.862 | 3.876 | 0,3 |
| Kalamansi-1 | 331 | 4.436 | 4.568 | 3,2 |
| Sampaguita-1 | 228 | 4.123 | 4.255 | 3,3 |

Đặc điểm cấu trúc móng trước Kainozoi...

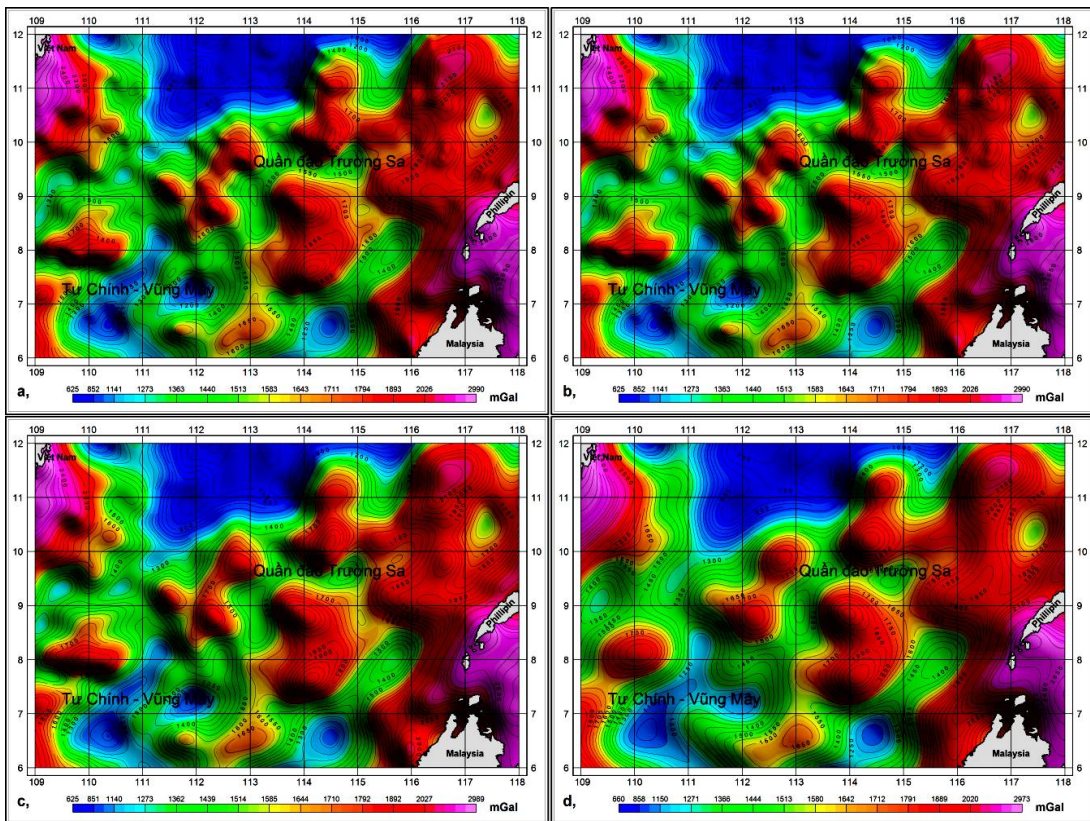


Hình 5. Sơ đồ độ sâu móng khu vực nghiên cứu

Trên hình 5 là độ sâu móng, giá trị có sự phân dị khá lớn với mức thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 10 km so với mực nước biển. Năm

ở trung tâm, móng khu vực QĐTS và Reed Bank có độ sâu trung bình khoảng 4 km, trên đó xuất hiện những vị trí nhô cao của đảo hoặc bãi ngầm nơi độ sâu móng chỉ khoảng vài trăm mét. Khu vực bê Tứ Chính - Vũng Mây ở phía tây nam có độ sâu móng trung bình 7 km, thậm chí có những vùng đến hơn 10 km ở phía nam. Rìa bắc của bê xuất hiện một khối nâng chạy dài có độ sâu móng từ 4 - 5 km. Phần phía bắc khu vực nghiên cứu có bề mặt móng tương đối bằng phẳng so với các vùng xung quanh, đạt độ sâu trung bình khoảng 5,5 km. Cũng có độ sâu khoảng 5,5 km là móng tại khu vực máng trũng Borneo - Palawan ở phía đông nam QĐTS. Máng trũng này chạy dài theo phương đông bắc - tây nam và có độ sâu móng tăng dần từ đông bắc đến tây nam.

Sơ đồ hệ thống đứt gãy phát triển trong móng



Hình 6. Hiệu ứng trọng lực móng với các mức lọc trường bước sóng (λ):

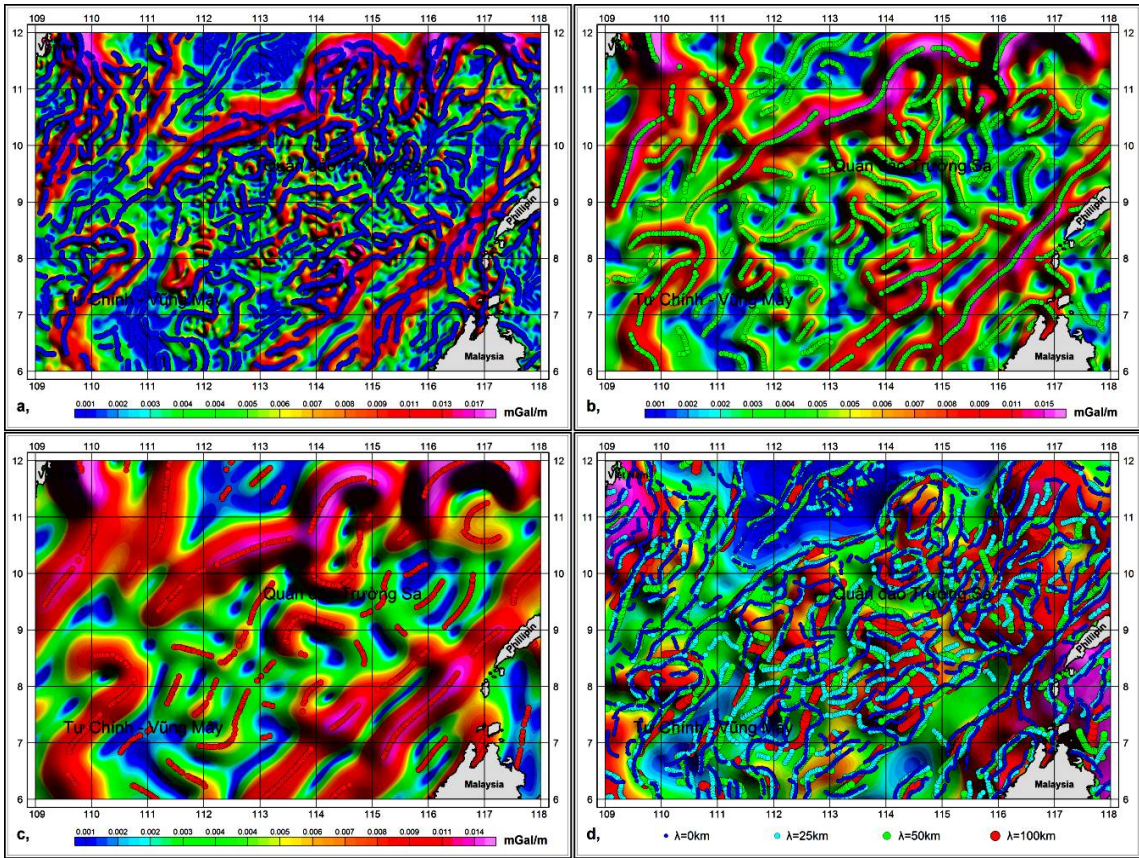
a) 0 km, b) $\lambda = 25$ km, c) $\lambda = 50$ km, d) $\lambda = 100$ km

Từ kết quả mô hình 3D, hiệu ứng trọng lực do móng gây ra được tách khỏi trường trọng

lực tổng, trường móng sẽ được sử dụng để tính toán xác định phân bố hệ đứt gãy phát triển

trong móng (hình 6a). Áp dụng phương pháp lọc trường tần số thấp với bước sóng $\lambda = 25, 50, 100$ km để lọc bỏ dần hiệu ứng trọng lực của các yếu tố địa chất phía trên (hình 6b, 6c, 6d). Phương pháp gradient ngang cực đại ứng với từng mức lọc trường giúp chỉ rõ vị trí biên

của các khối cấu trúc trong móng theo chiều thẳng đứng (hình 7). Sau đó, dựa vào sự thay đổi vị trí của dải gradient ngang cực đại qua từng mức lọc trường để xác định phân bố không gian của hệ đứt gãy trong móng.

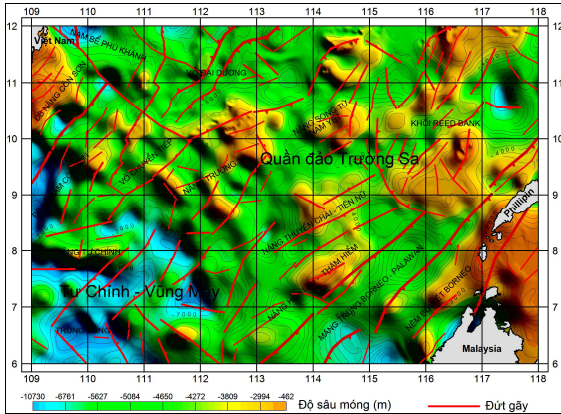


Hình 7. Vị trí gradient ngang cực đại trường trọng lực móng với mức lọc trường bước sóng (λ): a) 0 km, b) 50 km, c) 100 km, d) Tổng hợp

Trên hình 8, có thể thấy các đứt gãy lớn có phương chủ đạo là đông bắc - tây nam, có thể đây là do ảnh hưởng của quá trình tách giãn Biển Đông trong Kainozoi. Chúng đóng vai trò phân chia các đơn vị cấu trúc lớn. Đó là phần phía nam của hệ đứt gãy kinh tuyến 109° phân chia bề Nam Côn Sơn và đới nâng Côn Sơn; Đứt gãy thuận phương tây bắc - đông nam phân chia khối phân dị Trường Sa với phần máng trung Borneo - Palawan; và đứt gãy chõm nghịch tây bắc Borneo là ranh giới hút chìm vỏ đại dương cổ tạo thành nệm bồi kết Borneo.

Một hệ thống đứt gãy có qui mô nhỏ hơn vẫn tiếp tục kế thừa phương phát triển chung trên cả khu vực. Tuy nhiên, tại khu vực bề Tứ Chính - Vũng Mây, các đứt gãy này phát triển cả theo phương tây bắc - đông nam và Á vĩ tuyến theo địa hình các khối nâng. Ngoài ra, hệ đứt gãy bao quanh trung sâu Biển Đông được xác định là đường ranh giới giữa vỏ đại dương và vỏ lục địa.

Hệ đứt gãy có qui mô nhỏ nhất trong khu vực không đóng vai trò nhiều trong phân chia các khối cấu trúc mà chỉ có tác dụng khống chế các địa hào, địa lũy.



Hình 8. Sơ đồ phân vùng cấu trúc khu vực nghiên cứu

Phân vùng cấu trúc móng

Dựa vào kết quả nghiên cứu, có thể đưa ra một số phân vùng cấu trúc như sau (hình 8):

Vỏ đại dương: Lộ ra ở phía bắc với trục tách giãn theo phương đông bắc - tây nam. Đây là phân móng được hình thành trong quá trình tách giãn Biển Đông từ 32 - 17,5 triệu năm. Độ sâu móng tại đây lớn hơn 5,5 km. Trục tách giãn Biển Đông tắt dần và kết thúc ở vị trí khoảng 10°30'N và 111°30'E.

Vỏ chuyển tiếp: Là phần tiếp giáp giữa vỏ đại dương và vỏ lục địa, có phân bố khá hẹp bao quanh vỏ đại dương, được phân chia tương đối với vỏ lục địa bằng hệ thống đứt gãy trung bình. Do sự lan truyền tách giãn Biển Đông nên phần vỏ chuyển tiếp ở phía tây nam có hình nêm và hệ thống đứt gãy sứt bậc tại đây tiếp tục phát triển theo phương đông bắc - tây nam.

Vỏ lục địa: Chiếm phần lớn diện tích khu vực nghiên cứu và được phân chia thành các đơn vị cấu tạo thấp hơn dựa trên độ sâu móng và hệ thống đứt gãy:

Đới phân dị Trường Sa: Nằm ở trung tâm khu vực nghiên cứu. Trên sơ đồ độ sâu móng thể hiện rõ cấu trúc khối tầng của đới này. Hệ thống đứt gãy trong đới này vẫn phát triển theo phương đông bắc - tây nam, ở phía bắc của đới có xuất hiện một số hệ thống đứt gãy phương Á kinh tuyến. Trong đới này có thể phân chia thành các khối nâng: Nâng Trường Sa; Nâng Song Tử - Nam Yết; Nâng Thuyền Chài - Tiên Nữ; Nâng Hoa Lau - Thám Hiềm.

Khối Reed Bank: Nằm ở phía đông bắc khu vực nghiên cứu, được bao quanh bởi hệ thống các đứt gãy nghịch. Nguyên nhân có thể do trong giai đoạn Oligocen - Miocen trung, địa khối Borneo xoay ngược chiều kim đồng hồ một góc 45° [21-23], thúc đẩy quá trình hút chìm ở phía đông bắc QĐTS, khiến cho khối Reed Bank cũng chịu tác động và chồm trượt lên trên đới phân dị Trường Sa. Hệ thống đứt gãy trong khối này chủ yếu là các đứt gãy trung bình và nhỏ và có phương chủ đạo là Á kinh tuyến hoặc bắc đông bắc - nam tây nam.

Máng trũng Borneo - Palawan: Nằm ở phía đông nam QĐTS, được giới hạn bởi 2 hệ thống đứt gãy song song theo phương đông bắc - tây nam, nhưng một thuận và một nghịch.

Nêm bồi kết Borneo: Được hình thành do quá trình hút chìm vỏ đại dương cổ xuống dưới địa khối Borneo. Tuy nhiên, do quá trình xoay ngược chiều kim đồng hồ của địa khối Borneo khiến cho dấu vết đới hút chìm ở rìa tây nam không còn rõ ràng. Hơn nữa, đây có thể là nguyên nhân sinh ra các đứt gãy sứt bậc tạo thành bề trầm tích ven bờ Malaysia.

Bể Tư Chính - Vũng Mây: Có sự thay đổi lớn về độ sâu móng từ khoảng 4 km ở khối nâng Tư Chính đến hơn 10 km ở trũng Vũng Mây. Hệ thống đứt gãy ở đây chủ yếu là các đứt gãy thuận theo phương đông bắc - tây nam, hình thành các địa hào và địa lũy. Riêng đối với trũng Vũng Mây thì ngoài hệ thống đứt gãy theo phương chủ đạo đông bắc - tây nam còn xuất hiện những đứt gãy theo phương tây bắc - đông nam và Á kinh tuyến thành từng cặp song song với nhau. Có thể phân chia bề này thành hai đơn vị cấu trúc nhỏ hơn dựa vào sự thay đổi độ sâu móng móng: Nâng Tư Chính; Trũng Vũng Mây.

Nam bể Phú Khánh; đông bắc nâng Côn Sơn; và đông bắc bể Nam Côn Sơn: Đây là các đơn vị cấu trúc chỉ lộ ra một phần trong khu vực nghiên cứu nên việc mô tả không đặc trưng. Tuy nhiên, chúng vẫn được phân chia dựa trên hệ thống đứt gãy.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tensor gradient trọng lực xây dựng được mô hình độ sâu móng, sai số giữa mô hình so với giếng

khoan thực tế là xấp xỉ 3%. Độ sâu đến móng có sự phân dị khá lớn, biến đổi từ vài trăm mét đến hơn 10 km (so với mực nước biển).

Dựa vào hiệu ứng trọng lực của móng kết hợp với phương pháp gradient ngang cực đại và phương pháp lọc trường tần số, xác định được phân bố hệ thống đứt gãy trong móng. Hệ thống đứt gãy có phương chủ đạo là đông bắc - tây nam, có thể là do ảnh hưởng của quá trình lan truyền tách giãn Biển Đông từ đông bắc đến tây nam.

Dựa vào độ sâu và phân bố hệ đứt gãy, đã phân chia được móng thành các đơn vị cấu trúc riêng biệt, đó là: Vò đại dương, vò chuyển tiếp, vò lục địa (Đới phân dị Trường Sa; khối Reed Bank; máng trũng Borneo - Palawan; nềm bồi kết Borneo; bể Tư Chính - Vũng Mây; nam bể Phú Khánh; đông bắc nâng Côn Sơn và đông bắc bể Nam Côn Sơn).

Lời cảm ơn: Các tác giả cảm ơn đề tài VAST06.06/16-17 đã hỗ trợ các điều kiện cần thiết để hoàn thành công trình nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Briais, A., Patriat, P., and Tapponnier, P., 1993. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea (Bien Dong Sea): Implications for the Tertiary tectonics of Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **98**(B4), 6299-6328.
2. Hutchison, C. S., and Vijayan, V. R., 2010. What are the Spratly islands? *Journal of Asian Earth Sciences*, **39**(5), 371-385.
3. Tapponnier, P., Peltzer, G., Le Dain, A. Y., Armijo, R., and Cobbold, P., 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, **10**(12), 611-616.
4. Taylor, B., and Hayes, D. E., 1980. The tectonic evolution of the South China Basin. *The tectonic and geologic evolution of Southeast Asian seas and islands*, 89-104.
5. Taylor, B., and Hayes, D. E., 1983. Origin and history of the South China Sea (Bien Dong Sea) basin. *The Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands: Part 2*, 23-56.
6. Nguyễn Trọng Tín và nnk., 2010. Báo cáo đề tài Nghiên cứu cấu trúc địa chất và đánh giá tiềm năng dầu khí khu vực Trường Sa (bao gồm cả Tư Chính - Vũng Mây). Đề tài cấp Nhà nước KC.09.25/06-10.
7. Sandwell, D. T., and Smith, W. H., 2009. Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **114**(B1).
8. Sandwell, D., Garcia, E., Soofi, K., Wessel, P., Chandler, M., and Smith, W. H., 2013. Toward 1-mGal accuracy in global marine gravity from CryoSat-2, Envisat, and Jason-1. *The Leading Edge*, **32**(8), 892-899.
9. Smith, W. H., and Sandwell, D. T., 1997. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, **277**(5334), 1956-1962.
10. Nguyễn Như Trung, Nguyễn Thị Thu Hương, 2004. Cấu trúc mặt Moho khu vực biển Đông theo bài toán ngược trọng lực 3D: Luận giải trạng thái cân bằng đẳng tĩnh vỏ. *Tạp chí địa chất*, 285.
11. Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng và nnk., 2005. Báo cáo đề tài Xây dựng tập bản đồ những đặc trưng cơ bản về điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận. Đề tài cấp Nhà nước KT-09-02.
12. Braitenberg, C., Wienecke, S., and Wang, Y., 2006. Basement structures from satellite-derived gravity field: South China Sea (Bien Dong Sea) ridge. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **111**(B5).
13. Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Thị Hải Hà, Nguyễn Quang Minh, Bùi Thị Nhung, 2014. Một số kết quả ứng dụng của đo cao vệ tinh trong nghiên cứu cấu trúc địa chất Biển Đông Việt Nam. *Tạp chí địa chất*, Loại A, 341-345, 309-316.
14. Hutchison, C. S., 2004. Marginal basin evolution: the southern South China Sea (Bien Dong Sea). *Marine and Petroleum Geology*, **21**(9), 1129-1148.
15. Yan, P., Wang, Y., and Liu, H., 2008. Post-spreading transpressive faults in the South

- China Sea (Bien Dong Sea) Basin. *Tectonophysics*, **450**(1), 70-78.
16. Jorgensen, G. J., Kisabeth, J. L., and Routh, P., 2001. The role of potential field data and joint inverse modeling in the exploration of the deepwater Gulf of Mexico mini-basin province. *Petroleum Frontiers*, **17**, 18-35.
 17. Tran Tuan Dung, Bui Cong Que, Nguyen Hong Phuong, 2013. Cenozoic basement structure of the South China Sea (Bien Dong Sea) and adjacent areas by modeling and interpreting gravity data. *Russian Journal of Pacific Geology*, **7**(4), 227-236.
 18. Hao, T. Y., Xu, Y., Sun, F. L., You, Q. Y., Lü, C. C., Huang, S., Qiu, X. L., Hu, W. J., and Zhao, M. H., 2011. Integrated geophysical research on the tectonic attribute of conjugate continental margins of South China Sea (Bien Dong Sea). *Chinese Journal of Geophysics*, **54**(6), 988-1008.
 19. Huchon, P., Nguyen, T. N. H., and Chamot-Rooke, N., 2001. Propagation of continental break-up in the southwestern South China Sea (Bien Dong Sea). *Geological Society, London, Special Publications*, **187**(1), 31-50.
 20. Franke, D., Savva, D., Pubellier, M., Steuer, S., Mouly, B., Auxietre, J. L., Meresse, F., and Chamot-Rooke, N., 2014. The final rifting evolution in the South China Sea (Bien Dong Sea). *Marine and Petroleum Geology*, **58**, 704-720.
 21. Hinz, K., Kempter, E. H. K., and Schlüter, H. U., 1985. The Southern Palawan-Balabac area: an accreted or non-accreted terrane. In *Proc. 3rd Asian Council on Petrol.(ASCOPE), Conf. Exhib., 1985, Kuala Lumpur, Malaysia* (Vol. 2, pp. 48-60).
 22. Hinz, K., and Schlüter, H. U., 1985. Geology of the dangerous grounds, South China Sea (Bien Dong Sea), and the continental margin off southwest Palawan: results of SONNE cruises SO-23 and SO-27. *Energy*, **10**(3-4), 297-315.
 23. Schlüter, H. U., Hinz, K., and Block, M., 1996. Tectono-stratigraphic terranes and detachment faulting of the South China Sea (Bien Dong Sea) and Sulu Sea. *Marine Geology*, **130**(1-2), 3958-5178.
 24. Hoàng Văn Vượng và nnk., 2014. Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và mật độ trung bình đất đá trầm tích khu vực trũng sâu Biển Đông-quần đảo Trường Sa và kề cận theo tài liệu địa vật lý. *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, **36**(3CĐ), 321-328.

THE CHARACTERISTICS OF PRE-CENOZOIC BASEMENT STRUCTURES OF THE TRUONG SA ARCHIPELAGO AND ADJACENT AREAS

Nguyen Quang Minh, Tran Tuan Dung

Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST

ABSTRACT: Truong Sa archipelago is located in the South of East Vietnam Sea, thus impacted by the strong tectonic activity in the Cenozoic. Pre-Cenozoic basement is strongly differentiated and has complex structures. For interpretation of tectonic evolution in the Cenozoic, the up-down blocks, basement depth and fault systems of the basement must be determined. 3D gravity anomaly model is a new approach to solve the structural problem above. In this paper, the gravity gradient tensor method is applied to determine the basement depth; the low-frequency filter method and the maximum horizontal gradient method are used to determine the fault systems of the basement. Based on basement depth and fault systems, the basement is divided into the structural

Nguyễn Quang Minh, Trần Tuấn Dũng

units. The study results show that the basement depth difference between model and well data is approximately 3%. Basement structures are differentiated and complicated, the basement depth is changed from a few km near shore to over 10 km in Tu Chinh - Vung May Basin; the major direction of fault system is Northeast - Southwest.

Keywords: Truong Sa archipelago, structure, pre-Cenozoic basement, 3D gravity model.