

TRƯỜNG ỨNG SUẤT KIẾN TẠO VÀ CÁC CHUYỂN ĐỘNG HIỆN ĐẠI TRONG VỎ TRÁI ĐẤT KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN VĂN LƯƠNG ⁽¹⁾, BÙI CÔNG QUẾ ⁽²⁾, NGUYỄN VĂN DƯƠNG ⁽²⁾

Tóm tắt: Trong bài báo này, các đặc điểm của trường ứng suất kiến tạo và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất khu vực Biển Đông đã được nghiên cứu trên cơ sở phân tích số liệu cơ cấu chấn tiêu của 25 trận động đất vừa và mạnh đã xảy ra trong khu vực. Kết quả cho thấy, trường ứng suất kiến tạo của khu vực nghiên cứu phân dị khá phức tạp với trục ứng suất nén thay đổi từ sự định hướng á vĩ tuyến trong vùng Đông Bắc Biển Đông, đến á kinh tuyến trong vùng đảo Hải Nam và TB-ĐN trong các vùng còn lại. Trong trường ứng suất kiến tạo như vậy, hầu hết các đứt gãy á vĩ tuyến và á kinh tuyến được đặc trưng bởi các chuyển động hiện đại dạng trượt bằng trái và phải - tách thuận, trong khi đứt gãy Nam Hải Nam là trượt bằng trái-tách thuận. Ngoài ra, các chuyển động hiện đại dạng chồm nghịch và tách thuận cũng được phát hiện trong các hệ đứt gãy á kinh tuyến và á vĩ tuyến thuộc vùng sâu trung tâm Biển Đông và hệ bồn trũng Đông Bắc Biển Đông.

I. MỞ ĐẦU

Động đất gây sóng thần thường bắt nguồn từ các chuyển động đặc trưng trong vỏ Trái đất [8]. Đó là các chuyển động chồm nghịch (thrust dip-slip faulting) hoặc tách thuận (normal dip-slip faulting). Các chuyển động khác như trượt bằng (strike-slip faulting) hoặc dạng hỗn hợp với thành phần trượt chồm (dip-slip component) nhỏ đều không có khả năng trực tiếp gây sóng thần. Vì vậy, việc nghiên cứu trường ứng suất và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất nhằm phát hiện những dạng chuyển động có khả năng gây sóng thần dưới đáy biển có một ý nghĩa then chốt, tạo cơ sở khoa học cho nhận diện và phân định các vùng nguồn sóng thần và đánh giá độ nguy hiểm của chúng.

Trong bài báo này, trường ứng suất kiến tạo và các chuyển động hiện đại trong các hệ đứt gãy lớn của khu vực nghiên cứu được phân tích chủ yếu theo tài liệu động đất, cơ cấu chấn tiêu động đất và cấu trúc kiến tạo. Các kết quả trình bày ở đây có thể xem là cơ sở bước đầu rất quan trọng trong việc đánh giá các điều kiện phát sinh sóng thần trên Biển Đông.

II. ĐẶC ĐIỂM KIẾN TẠO KHU VỰC BIỂN ĐÔNG.

Biển Đông là một trong những biển rìa phía Tây Thái Bình Dương, nơi hội tụ của 3 mảng thạch quyển: Âu-Á ở Tây Bắc, Ấn-Úc ở phía Nam và Thái Bình Dương ở phía Đông. Sự va chạm giữa lục địa ấn Độ với mảng Âu-Á dọc theo dãy Himalaya gây nên sự biến dạng và phá huỷ vỏ Trái đất phía Đông bình nguyên Tibet, tạo thành khối tảng hoạt động, dịch chuyển hướng Đông, Đông Nam với tốc độ và hướng phân dị phức tạp. Các chuyển động phân dị này là nguyên nhân của các phá huỷ kiến tạo biểu hiện dưới dạng các quá trình động đất, núi lửa, hình thành các trũng, các địa hào với quy mô và sự định hướng khác nhau [1, 10, 12].

Những cấu trúc chính khống chế khung cảnh địa động lục Biển Đông bao gồm: đới riftơ tách giãn tạo địa hào dạng bậc trên thềm lục địa Nam Trung Quốc; đới trượt bằng-tách giãn thềm lục địa Việt Nam; Trũng sâu Trung tâm Biển Đông với vỏ Đại dương; các khối trôi trượt vỏ lục địa thoái hoá Hoàng Sa-Maclessiel và Trường Sa-Reed Bank; các đới hội tụ-nén ép Tây Philippines và Palawan-Kalimantan. Một số đặc điểm của các đơn vị cấu trúc này có thể được tóm tắt như dưới đây [12].

Đới riftơ tách giãn tạo địa hào dạng bậc thềm lục địa Nam Trung Quốc đặc trưng bởi các cấu trúc địa hào và các khối nâng xen kẽ. Các trũng tách giãn rìa lục địa phương ĐB-TN phát triển dọc theo các hệ đứt gãy cùng phương với móng bị chia cắt bởi hệ thống đứt gãy TB-ĐN, hình thành nên các vùng sụt lún địa hào và các khối nâng địa lũy.

- Trũng Cửa sông Châu Giang phương ĐB-TN được hình thành bởi quá trình tách giãn rìa lục địa, bao gồm hệ thống các bồn trũng thành phần, quy mô lớn, phân cách với lục địa Nam Trung Hoa và khối Hải Nam bởi khối nâng Wanshan, với trũng Shoanfeng bởi khối nâng Dongsha. Trũng Cửa sông Châu Giang bị chia cắt bởi các hệ thống đứt gãy ĐB-TN, á vĩ tuyến và TB-ĐN, trong đó các đứt gãy ĐB-TN, á vĩ tuyến chiếm ưu thế ở phần đông Bắc, trong khi các đứt gãy TB-ĐN phổ biến hơn trong phần Tây Nam.

- Trũng Đông Nam Hải Nam bao gồm hệ bồn trũng nằm về phía Nam đảo Hải Nam, phân cách về phía Tây với trũng Sông Hồng qua địa lũy Tri Tôn phương á kinh tuyến, về phía Bắc với khối Hải Nam qua hệ đứt gãy ĐB-TN cắt qua rìa lục địa Nam Hải Nam và về phía Nam với khối Hoàng Sa- Maclessiel qua hệ đứt gãy phương ĐB-TN và á vĩ tuyến. Các hệ thống đứt gãy ở đây phát triển theo hướng ĐB-TN hoặc á vĩ tuyến ở phần đông Bắc, chuyển sang hướng á kinh tuyến ở phía Tây.

Đới trượt bằng-tách giãn thềm lục địa Việt Nam bao gồm các trũng Sông Hồng, Quảng Ngãi, Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính-Vũng Mây, Natuna, Mã Lai-Thổ Chu và Pattani. Các trũng này chủ yếu được hình thành trong Kainozoi và liên quan mật thiết với đặc điểm địa động lục của các hệ đứt gãy Sông Hồng và Tây Biển Đông.

- Trũng Sông Hồng bao gồm hệ các bồn trũng phương TB-ĐN ở phía Bắc và phương á kinh tuyến ở phía Nam. Trũng bị chia cắt bởi các hệ thống đứt gãy TB-ĐN và ĐB-TN, trong đó đứt gãy Sông Hồng, bắt nguồn từ sâu trong lục địa, phát triển qua trũng Sông Hồng với đường phương thay đổi từ TB-ĐN ở phía Bắc, á kinh tuyến ở phía Nam. Các đứt gãy ĐB-TN từ lục địa Trung Quốc, phát triển qua vịnh Bắc Bộ tại phần Tây Bắc của trũng Sông Hồng.

- Địa hào Quảng Ngãi phương á kinh tuyến, kéo dài từ bán đảo Sơn Trà đến Quy Nhơn, tiếp giáp đới nâng Đà Nẵng ở phía Tây và địa lũy Tri Tôn ở phía đông. Trong phần phía Nam của địa hào, các hoạt động núi lửa Pliocene-Đệ Tứ được phát hiện khá phổ biến.

- Trũng Phú Khánh phương á kinh tuyến, bao gồm một số trũng nhỏ phát triển tiếp theo trũng Sông Hồng. Các đứt gãy á kinh tuyến thuộc dạng trượt bằng- tách thuận, đôi nơi bị phân cắt bởi các đứt gãy TB-ĐN.

- Trũng Nam Côn Sơn quy mô lớn, về Tây Bắc tiếp giáp với trũng Cửu Long qua khối nâng Nam Côn Sơn, về phía Tây với đới nâng Cờ Rạt và về phía Nam với đới nâng Natuna. Hệ đứt gãy Tây Bắc Đông phát triển mạnh trong phần phía Đông của trũng.

Khối Hoàng Sa có cấu trúc vỏ lục địa thoái hoá, bao gồm các diện tích thuộc quần đảo Hoàng Sa và bãi ngầm Maclesfield, tiếp giáp về phía Tây với hệ đứt gãy Tây Bắc Đông, về phía Bắc với trũng Đông Nam Hải Nam và về phía Nam với trũng sâu trung tâm Biển Đông qua hệ đứt gãy BB-TN dốc hướng Đông Nam [12]. Các hoạt động tách giãn vỏ Trái đất trong Kainozoi đã tạo nên một loạt các cấu trúc dạng địa hào-địa lũy phương ĐB-TN và Á vĩ tuyến như trũng Tri Tôn, nâng Tây Hoàng Sa, trũng Qiongdongnan.... Các cấu trúc nâng Tây Hoàng Sa, nâng Trung Tâm và nâng phía Đông đóng vai trò xương sống của vi lục địa này.

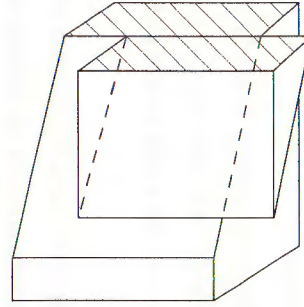
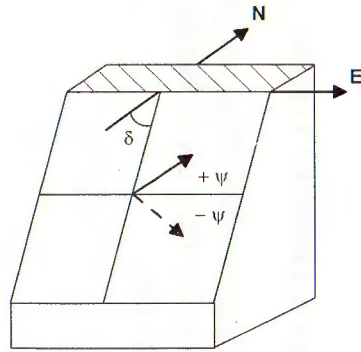
Trũng sâu trung tâm Biển Đông tiếp giáp về phía Đông với khối đảo Luzon qua đới hút chìm Manila, về phía Bắc với thềm lục địa Nam Trung Quốc và quần đảo Hoàng Sa, với quần đảo Trường Sa ở phía Nam và hệ đứt gãy Tây Bắc Đông ở phía Tây. Trũng sâu trung tâm Biển Đông có kiểu vỏ Đại dương và bao gồm 3 phụ bồn trũng: Phụ bồn trũng Tây Bắc, phụ bồn trũng phía Đông và phụ bồn trũng Tây Nam [12]. Các phụ bồn trũng này hình thành bởi các pha tách giãn đáy biển kế tiếp nhau, xảy ra trong khoảng thời gian 32-15 triệu năm cách ngày nay. Trục tách giãn trong các phụ bồn trũng Tây Bắc và phía Đông có phương á vĩ tuyến, vuông góc với các đứt gãy chuyển dạng á kinh tuyến và phân bố từ khoảng kinh tuyến 115⁰E về phía Đông. Phụ bồn trũng Tây Nam có dạng chữ V, thu hẹp kiểu bậc thang về Tây Nam, liên quan tới trục tách giãn ĐB-TN và các đứt gãy chuyển dạng TB-ĐN. Phụ bồn trũng này phân cách với các khối Hoàng Sa và Trường Sa bởi các đứt gãy thuận ĐB-TN, dốc về trung tâm bồn trũng và bị phân cắt bởi các đứt gãy chuyển dạng TB-ĐN.

Khối Trường Sa là một kiến trúc vỏ lục địa thoái hoá, phía Bắc tiếp giáp với trũng sâu trung tâm Biển Đông, Đông Bắc khớp nối với khối Reed Bank thông qua trũng địa hào phương kinh tuyến Bình Nguyên-Suối Ngọc, Tây Nam khớp nối với khối *Sarawak* qua hệ thống đứt gãy TB-ĐN và phía Đông Nam tiếp giáp với máng nước sâu Palawan thông qua đới nâng rìa ĐB-TN Hoa Lau-Thám Hiêm. Khối Trường Sa được cấu trúc bởi các trũng Kainozoi với quy mô khác nhau, được ngăn cách bởi các đới nâng tương đối và các đới nâng rìa. Đó là các trũng Sơn Ca phương kinh tuyến, bị khống chế bởi các đứt gãy phương kinh 114° ở phía Tây và 116° ở phía Đông; trũng Tiên Lữ phía Nam trũng Sơn Ca với ranh giới giữa chúng là kiến trúc nâng Phan Vinh; Trũng Côn Tây phương ĐB-TN, kề sát phía Đông Bắc đảo Trường Sa lớn và tiếp giáp về Tây Bắc với kiến trúc nâng rìa Đá Lát-Chữ Thập...[1, 10].

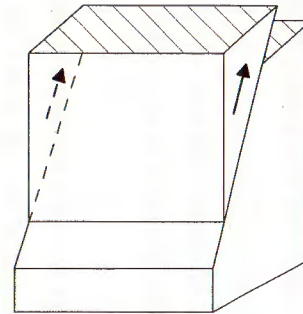
III. TRƯỜNG ỨNG SUẤT KIẾN TẠO VÀ CÁC CHUYỂN ĐỘNG HIỆN ĐẠI TRONG VỎ TRÁI ĐẤT

1. Một số khái niệm ban đầu

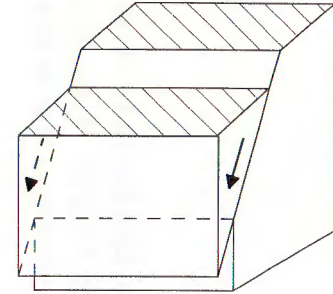
Khi sử dụng nguồn động đất loại ngẫu lực kép (Double-couple source model), các mô hình cơ cấu chấn tiêu được thể hiện qua 7 thông số động lực: Ba ứng suất cơ bản: nén (P), giãn (T) và trung gian, (N), hai bề mặt ứng suất tiếp tuyến cực đại (NP_1 và NP_2) và hai véc tơ dịch chuyển thể hiện bởi các góc dịch chuyển (Ψ_1, Ψ_2). Trên lưới chiếu Wulfa, vị trí các trục ứng suất cơ bản và các véc tơ dịch chuyển được xác định bởi một điểm tương ứng với các tham số góc là phương vị Az , $0 \leq Az \leq 360^\circ$, tính từ phương Bắc (khi $Az = 0$) thuận chiều kim đồng hồ và góc dốc δ , $0 \leq \delta \leq 90^\circ$, tính từ chu vi lưới (khi $\delta = 0$) tới tâm lưới ($\delta = 90^\circ$). Các mặt phẳng ứng suất tiếp tuyến cực đại, $NP_{1,2}$ được thể hiện bởi các cung tròn lớn cắt chu vi lưới tại phương vị $Az = Az_{1,2}$ và có đỉnh cách chu vi lưới một khoảng cách góc $\delta_{1,2}$. Dựa vào sự định hướng và tương quan giữa các thông số động lực, người ta phân biệt 3 dạng mô hình cơ cấu chấn tiêu động đất đặc trưng cho 3 kiểu chuyển động đặc trưng 2 giữa các khối tảng. Các mô hình cơ cấu chấn tiêu cơ bản dạng trượt bằng, chồm nghịch và tách thuận được thể hiện trong hình 1 và mô tả chi tiết trong các tài liệu [3, 5, 8].



a)





b)

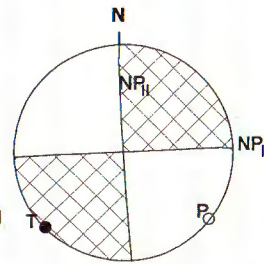


c)

GHI CHÚ

 Vùng ứng suất nén

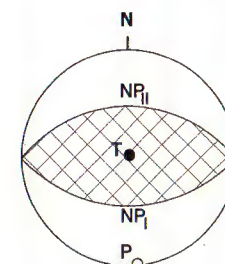
 Vùng ứng suất giãn



a')

$$NP_I (A_2 = 90, \delta = 90, \psi = 0)$$

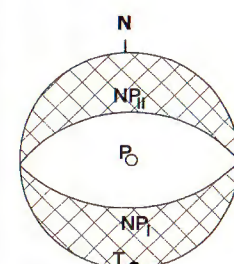
$$NP_{II} (A_2 = 90, \delta = 90, \psi = 0)$$



b')

$$NP_I (A_2 = 90, \delta = 45, \psi = 90)$$

$$NP_{II} (A_2 = 270, \delta = 45, \psi = 0)$$



c')

$$NP_I (A_2 = 90, \delta = 45, \psi = -90)$$

$$NP_{II} (A_2 = 270, \delta = 45, \psi = 0)$$

Hình 1: Các kiểu dịch chuyển địa chấn và cơ cấu chấn tiêu cơ bản:
Trượt bằng (a, a'), chồm nghịch (b, b') và tách thuận (c, c')

Trong thực tế, phần lớn các cơ cấu chấn tiêu đều thuộc dạng hỗn hợp chứa đồng thời cả thành phần trượt bằng lẫn thành phần trượt chồm, mà độ lớn của chúng có thể được đánh giá dựa vào góc trượt $\psi_{1,2}$:

$$D_{TB} = D_0 \cos \psi_{1,2}$$

$$D_{TC} = D_0 \sin \psi_{1,2}$$

$$D_z = D_0 \sin \delta_{1,2} \cdot \sin \psi_{1,2}$$

Trong đó, D_0 là độ lớn véc tơ dịch chuyển tại chấn tiêu. D_{TB} , D_{TC} và D_z là các thành phần dịch chuyển trượt bằng, trượt chồm và theo phương thẳng đứng [8]. Trong công trình này, để phân loại các cơ cấu chấn tiêu dạng hỗn hợp, các tác giả đưa ra một số tiêu chuẩn mang tính quy ước như sau:

- Cơ cấu chấn tiêu dạng trượt bằng-nén ép (trượt bằng chứa thành phần chồm nghịch), tương ứng với trường hợp ứng suất nén và giãn gần nằm ngang, ứng suất trung gian độ dốc lớn: $\delta_p < \delta_T$, $\delta_N \geq 60-70^\circ$, $0 \leq \psi_1 < 45^\circ$ hoặc $135^\circ < \psi_1 \leq 180^\circ$. Khi đó $D_{TB} > D_{TC}$.

- Cơ cấu chấn tiêu thuộc dạng trượt bằng-tách thuận, khi ứng suất nén và giãn gần nằm ngang, ứng suất trung gian độ dốc lớn, $\delta_T < \delta_p$, $\delta_N \geq 60-70^\circ$ và $0 \leq \psi_1 > -45^\circ$ hoặc $-180^\circ \leq \psi_1 < -135^\circ$. Khi đó $D_{TB} > D_{TC}$.

- Cơ cấu chấn tiêu dạng chồm nghịch-trượt bằng, tương ứng với trường hợp ứng suất nén và trung gian gần nằm ngang, ứng suất giãn độ dốc lớn: $\delta_{p,N} < 30^\circ$, $\delta_T \geq 60-70^\circ$, $45^\circ \leq \psi_1 \leq 135^\circ$. Khi đó $D_{TB} < D_{TC}$. Trường hợp đặc biệt, khi $70^\circ \leq \psi_1 \leq 110^\circ$, cơ cấu chấn tiêu có thể xem là thuộc dạng chồm nghịch (D_{TB} có độ lớn không đáng kể).

- Cơ cấu chấn tiêu dạng tách thuận-trượt bằng tương ứng với trường hợp khi các ứng suất giãn và ứng suất trung gian gần nằm ngang, ứng suất nén độ dốc lớn: $\delta_{T,N} < 30^\circ$, $\delta_p \geq 60-70^\circ$ và $-135^\circ \leq \psi_1 \leq -45^\circ$, đặc biệt khi $-110^\circ \leq \psi_1 \leq -70^\circ$, cơ cấu chấn tiêu có thể được xem là thuộc dạng tách thuận.

Trong các quy ước trên, các chuyển động địa chấn tại chấn tiêu được xem như xảy ra trong bề mặt NP_1 (là một trong hai bề mặt ứng suất tiếp tuyến cực đại có đường phương (thể hiện qua Az_1) và góc dốc δ_1 gần trùng với đường phương và hướng dốc của hệ/hoặc đoạn đứt gãy nghiên cứu).

2. Trường ứng suất kiến tạo và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất

Để làm sáng tỏ khung cảnh địa động lực vỏ Trái đất khu vực Biển Đông, các phân tích chi tiết về trường ứng suất ưu thế và các chuyển động hiện đại trong các hệ đứt gãy sẽ được thực hiện riêng biệt cho từng vùng và đối với từng hệ đứt gãy.

- Bắc vịnh Bắc bộ.

Từ 1900 đến nay ở Bắc vịnh Bắc bộ đã xảy ra trên 30 trận động đất với Magnitude $M \leq 6.8$, độ sâu chấn tiêu $H \leq 15-30\text{km}$ [6], trong số này đã xác định được cơ cấu chấn tiêu động đất của 5 động đất vừa và mạnh như được chỉ ra trong bảng 1. Các mô hình cơ cấu chấn tiêu động đất này tương tự nhau và phù hợp với một trường ứng suất kiến tạo trung bình dạng trượt bằng-tách thuận với các ứng suất nén và giãn gần nằm ngang theo các phương TB-ĐN và ĐB-TN: $P_{TB} (Az_{TB}=136^{\circ} \pm 7^{\circ}, \delta_{TB}=23^{\circ} \pm 1^{\circ})$, $T_{TB} (Az_{TB}=50^{\circ} \pm 1^{\circ}, \delta_{TB}=13^{\circ} \pm 10^{\circ})$. Trong trường ứng suất kiến tạo như vậy, tất cả các đứt gãy có góc dốc lớn, định hướng á vĩ tuyến, gần với bề mặt NP_{1TB} của trường ứng suất trung bình ($Az_{TB}=273^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $\delta_{TB}=69^{\circ} \pm 3^{\circ}$, $\Psi_{TB}= -166^{\circ} \pm 7^{\circ}$) đều hoạt động trượt bằng phải. Các đứt gãy liên hợp với chúng, gần với bề mặt NP_{2TB} ($Az_{TB}=182^{\circ} \pm 7^{\circ}$, $\delta_{TB}=74^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $\Psi_{TB}= -20^{\circ} \pm 5^{\circ}$) hoạt động trượt bằng trái (phương pháp xác định trường ứng suất trung bình theo số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất, được trình bày chi tiết trong tài liệu [9]).

Bảng 1. Số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất mạnh khu vực vịnh Bắc bộ và lân cận

TT	Động đất	Toạ độ		H km	M	NP ₁	NP ₂	P	T	B
		φ°(N)	λ°(E)			Az ₁ ^o δ ₁ ^o Ψ ^o	Az ₂ ^o δ ₂ ^o Ψ ^o	z _p ^o δ _p ^o	Az _T ^o δ _T ^o	Az _B ^o δ _B ^o
	Năm									
1	19/7/1903	21.00	106.70	21	5.1	282 72 -160	190 70 -15	143 23	52 8	322 62
2	1936	22.33	109.35		6.8	111 65 -173	19 86 -24	332 20	68 14	192 65
3	11/10/1988	20.90	107.24	10	4.9	275 70 -165	178 76 -20	137 24	50 3	328 64
4	12/31/1994	20.49	109.36	20	5.4	272 74 57	8 68 17	321 4	229 27	59 62
5	01/10/1995	20.42	109.44	25	5.5	274 64 -173	171 83 -26	124 23	229 13	338 63

Các đoạn đứt gãy á vĩ tuyến, nơi tập trung nhiều nhất các chấn tâm động đất trong khu vực, được xem là các phần kéo dài của hệ đứt gãy Đông Triều, từ lục địa Việt Nam qua Bắc vịnh Bắc bộ. Các đoạn đứt gãy này hoạt động bởi cơ chế trượt bằng phải-tách thuận. Các trận động đất 1988 (M=4.9), 1994 (M=5.4) và 1995 (M=5.5) và nhiều động đất khác có thể là hệ quả của các chuyển động loại này.

Hệ đứt gãy ĐB-TN Nam Hải Nam

Trong hệ đứt gãy Nam Hải Nam đã xảy ra 2 trận động đất mạnh vào tháng 12 năm 1969. Cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất này thuộc loại trượt bằng-tách thuận với các trục ứng suất nén và giãn gần nằm ngang theo các phương á kinh tuyến và á vĩ tuyến [2, 3]. Bề mặt phá huỷ tại chấn tiêu, NP₁ có đường phương ĐB-TN và hướng dốc Tây Nam, gần trùng với đường phương và hướng dốc của hệ đứt gãy. Từ đặc điểm phân bố ứng suất như vậy, có thể nhận định đứt gãy ĐB-TN Nam Hải Nam hoạt động bởi cơ chế trượt bằng trái-tách thuận [2]. Với cơ chế này, khối vỏ Đông Nam biến dạng theo xu hướng lún chìm và dịch chuyển tương đối về Đông Bắc so với khối đảo Hải Nam.

Bảng 2. Số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất trong hệ đứt ĐB-TN Nam Hải Nam

Động đất		Toạ độ		H km	M	NP ₁			NP ₂			P		T		B	
		φ°(N)	λ°(E)			Az ₁ ^o	δ ₁ ^o	Ψ ^o	Az ₂ ^o	δ ₂ ^o	Ψ ^o	z _p ^o	δ _p ^o	Az _T ^o	δ _T ^o	Az _B ^o	δ _B ^o
1	12/17/1969	18.11	110.55	33	5.3	45	78	-6	136	84	-168	1	13	270	4	161	76
2	12/20/1969	18.39	110.54	33	5.4	36	60	-2	127	88	-152	356	22	257	19	130	60
3	<i>theo dư chấn động đất 1969/12/17</i>					23	63	8	292	83	154	340	15	245	25	98	62
4	<i>theo dư chấn động đất 1969/12/20</i>					66	70	-174	334	82	-18	289	18	20	10	135	68

Không hoàn toàn giống như động đất chính, các mô hình cơ cấu chấn tiêu xác định theo tài liệu dư chấn cũng thuộc kiểu trượt bằng với các ứng suất nén và giãn có độ dốc nhỏ, $\delta_{p,T} = 10-25^{\circ}$, nhưng định hướng gần với các phương TB-ĐN ($Az=289^{\circ}, 334^{\circ}$) và ĐB-TN ($Az=245^{\circ}, 20^{\circ}$). Trường ứng suất này không khác nhiều với trường ứng suất tại khu vực Bắc vịnh Bắc bộ và mô tả các chuyển động trượt bằng phải dọc các đứt đoạn á vĩ tuyến.

Hệ đứt gãy ĐB-TN trên thềm lục địa Nam Trung Quốc.

Trên thềm lục địa Nam Trung Quốc các đứt gãy ĐB-TN và á vĩ tuyến chiếm ưu thế. Từ thời tiền sử tới nay, nơi đây đã xảy ra 69 trận động đất với Magnitude $M \leq 7.5$, độ sâu chấn tiêu $H \leq 30-35$ km [6]. Bảng 3 trình bày số liệu cơ cấu chấn tiêu của 9 trận động đất vừa và mạnh, $4.7 \leq M \leq 6.9$, trong hệ đứt gãy này. Kết quả phân tích cho thấy, trường ứng suất ở đây thay đổi từ dạng trượt bằng-tách thuận ở phần phía Tây sang dạng tách thuận và tách thuận -trượt bằng ở phía Đông. Kiểu ứng suất trượt bằng-tách thuận có trục nén TTB-ĐĐN (cơ cấu chấn tiêu số 1, 2, 3) hoặc ĐĐB-TTN (cơ cấu chấn tiêu số 5). Trong trường ứng suất này, các hệ đứt gãy phương ĐB-TN và á vĩ tuyến hoạt động bởi cơ chế trượt bằng phải-tách thuận với thành phần tách thuận không đáng kể ($D_{TC} \ll D_{TB}$).

Về phía Đông kinh tuyến $118^{\circ}E$, các trận động đất số 6, 7, 9 xảy ra trong hệ bồn trũng phương á vĩ tuyến thuộc vùng Đông Bắc Biển Đông [9]. Cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất này thể hiện trạng thái ứng suất dạng tách thuận với trục ứng suất giãn và trung gian gần nằm ngang theo các phương á kinh tuyến và á vĩ tuyến, ứng suất nén có độ dốc lớn ($\delta_p = 64-74^{\circ}$). Các dịch chuyển địa chấn dự báo xảy ra trên các bề mặt á vĩ tuyến bởi cơ chế tách thuận-trượt bằng phải với thành phần trượt bằng không đáng kể ($D_{TB} \ll D_{TC}$) khi khối vỏ phía Nam đứt gãy bị lún chìm, tách giãn và dịch chuyển tương đối về phía Tây.

Tại đầu phía Đông hệ bồn trũng, các trận động đất số 4, 8 (bảng 3) lại có cơ cấu chấn tiêu dạng trượt bằng-tách thuận với ứng suất nén phương á vĩ tuyến, ứng suất giãn á kinh tuyến và bề mặt trượt phương TB-ĐN. Chuyển động trượt bằng trái-tách thuận xảy ra dọc theo đứt gãy TB-ĐN, mô tả sự chuyển động tương đối hướng Tây Bắc của khối vỏ phía Đông so với khối vỏ phía Tây. BKS

Bảng 3. Số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực thêm lục địa Nam Trung Quốc

TT	Động đất	Toạ độ		H km	M	NP ₁	NP ₂	P	T	B
	Năm	φ°(N)	λ°(E)			Az ₁ ^o δ ₁ ^o Ψ ^o	Az ₂ ^o δ ₂ ^o Ψ ^o	z _p ^o δ _p ^o	Az _T ^o δ _T ^o	Az _B ^o δ _B ^o
1	03/19/1962	22.88	114.62	20	5.3	67 77 174	158 84 13	292 5	23 13	183 76
2	09/26/1966	22.30	117.90	51	4.9	243 55 -166	145 79 -36	98 33	198 15	310 52
3	01/27/1986	21.70	111.9	20	5.0	63 82 -175	334 85 -10	290 10	20 1	121 80
4	03/12/1991	23.34	119.66	15	5.5	307 81 -4	37 86 -171	262 9	172 4	58 80
5	09/14/1992	21.27	117.94	35	5.5	206 84 176	297 86 6	72 2	162 7	326 83
6	09/16/1994	22.53	118.71	16	6.9	256 35 -116	107 59 -74	56 71	184 12	278 15
7	10/19/1994	22.36	118.48	16	5.0	67 41 -110	274 52 -73	239 76	352 6	83 13
8	11/10/1994	22.63	118.66	15	4.9	303 44 -30	55 70 -130	281 49	173 15	71 37
9	12/21/1994	22.59	118.62	16	4.7	245 34 -128	109 64 -68	56 64	162 16	279 20

Trũng sâu trung tâm biển Đông

Hoạt động địa chấn vùng trũng sâu trung tâm Biển Đông chủ yếu liên quan đến các đứt gãy á kinh tuyến, ĐB-TN và TB-ĐN, phân bố từ khoảng kinh tuyến 114⁰-115⁰E trở về phía Đông. Trong số này, hệ đứt gãy kinh tuyến 114⁰ có quy mô và độ xuyên cắt lớn, cắt qua hai cấu trúc chính của khu vực là trũng sâu trung tâm Biển Đông và quần đảo Trường Sa. Hệ đứt gãy ĐB-TN Bắc Trường Sa đóng vai trò ranh giới, phân cách cấu trúc Trường Sa và trũng sâu trung tâm Biển Đông, trong khi hệ đứt gãy TB-ĐN ở vùng này có thể xem là các đứt gãy chuyển dạng trong phụ bồn trũng Tây Nam của trũng sâu trung tâm Biển Đông [1, 9]

Bảng 4. Số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực trũng sâu trung tâm Biển Đông.

TT	Năm	Toạ độ		H km	M	NP ₁	NP ₂	P	T	B
		φ°(N)	λ°(E)			Az ₁ ^o δ ₁ ^o Ψ ^o	Az ₂ ^o δ ₂ ^o Ψ ^o	z _p ^o δ _p ^o	Az _T ^o δ _T ^o	Az _B ^o δ _B ^o
1	10/07/1965	12.46	114.45	26	5.8	332 33 71	170 58 101	250 22	160 78	344 20
2	02/04/1966	12.39	114.32	7	5.0	274 75 -140	172 45 -18	130 38	40 22	284 47
3	01/27/1969	12.35	114.46	68	5.0	270 70 -156	170 65 -21	130 32	40 5	306 57
4	12/07/1982	12.43	114.57	48	4.7	300 75 -117	170 30 -38	140 64	50 40	298 23
5	09/06/1998	14.16	117.40	36	4.5	47 62 103	200 31 66	127 16	346 70	221 12

Các trận động đất trình bày trong bảng 4 xảy ra trong phần vỏ Đại dương, tại rìa phía Nam của trũng sâu trung tâm Biển Đông, nơi giao cắt của 3 hệ đứt gãy trên. Tại đây, các dịch chuyển địa chấn đạt tới các độ sâu đáng kể (60-70 km theo tài liệu động đất).

Số liệu cơ cấu chấn tiêu trình bày trong bảng 4 thể hiện trường ứng suất phân dị mạnh và rất phức tạp, khác biệt nhau từ nguồn động đất này sang nguồn động đất khác. Cơ cấu chấn tiêu động đất 1965 (M=5,8) thuộc dạng chòm nghịch với ứng suất nén gần nằm ngang theo phương á vĩ tuyến, ứng suất giãn độ dốc lớn (δ_T=78°) và bề mặt trượt phương á

kinh tuyến, dốc hướng Đông, trùng với sự định hướng của hệ đứt gãy kinh tuyến 114⁰. Trên bề mặt này khối vỏ phía Đông dịch chuyển lên trên và chuyển động về phía Tây theo cơ chế chồm nghịch, tương tự như cơ chế hoạt động hiện đại của đới hút chìm Manila.

Các cơ cấu chấn tiêu số 2, 3, 4 tương tự nhau, mô tả kiểu phân bố ứng suất trượt bằng- tách thuận, trong đó cơ cấu chấn tiêu số 2, 3 có ứng suất nén và giãn định hướng phương TB-ĐN và ĐB-TN, bề mặt trượt phương á vĩ tuyến thuộc hệ đứt gãy Bắc Trường Sa. Các chuyển động địa chấn trên các bề mặt này xảy ra bởi cơ chế trượt bằng trái-tách thuận, mô tả sự lún chìm và chuyển động tương đối hướng Đông của khối vỏ Đại dương so với khối Trường Sa. Cơ cấu chấn tiêu số 4 là một chuyển động địa chấn dạng trượt bằng phải-tách thuận, xảy ra trên bề mặt phương TB-ĐN dốc hướng Đông Bắc khi khối vỏ phía Đông Bắc đứt gãy bị lún chìm và dịch chuyển tương đối xuống Đông Nam.

Trong phần phía Đông của hệ đứt gãy Bắc Trường Sa, động đất M= 4.5 (1998) có cấu chấn tiêu dạng chồm nghịch với ứng suất nén TB-ĐN, ứng suất giãn độ dốc lớn ($\delta_1=70^\circ$), còn bề mặt trượt được dự đoán phương ĐB-TN dốc hướng Đông Nam. Dọc theo bề mặt này, khối vỏ phía Đông Nam đứt gãy chuyển động lên trên về phía Tây Bắc theo cơ chế chồm nghịch.

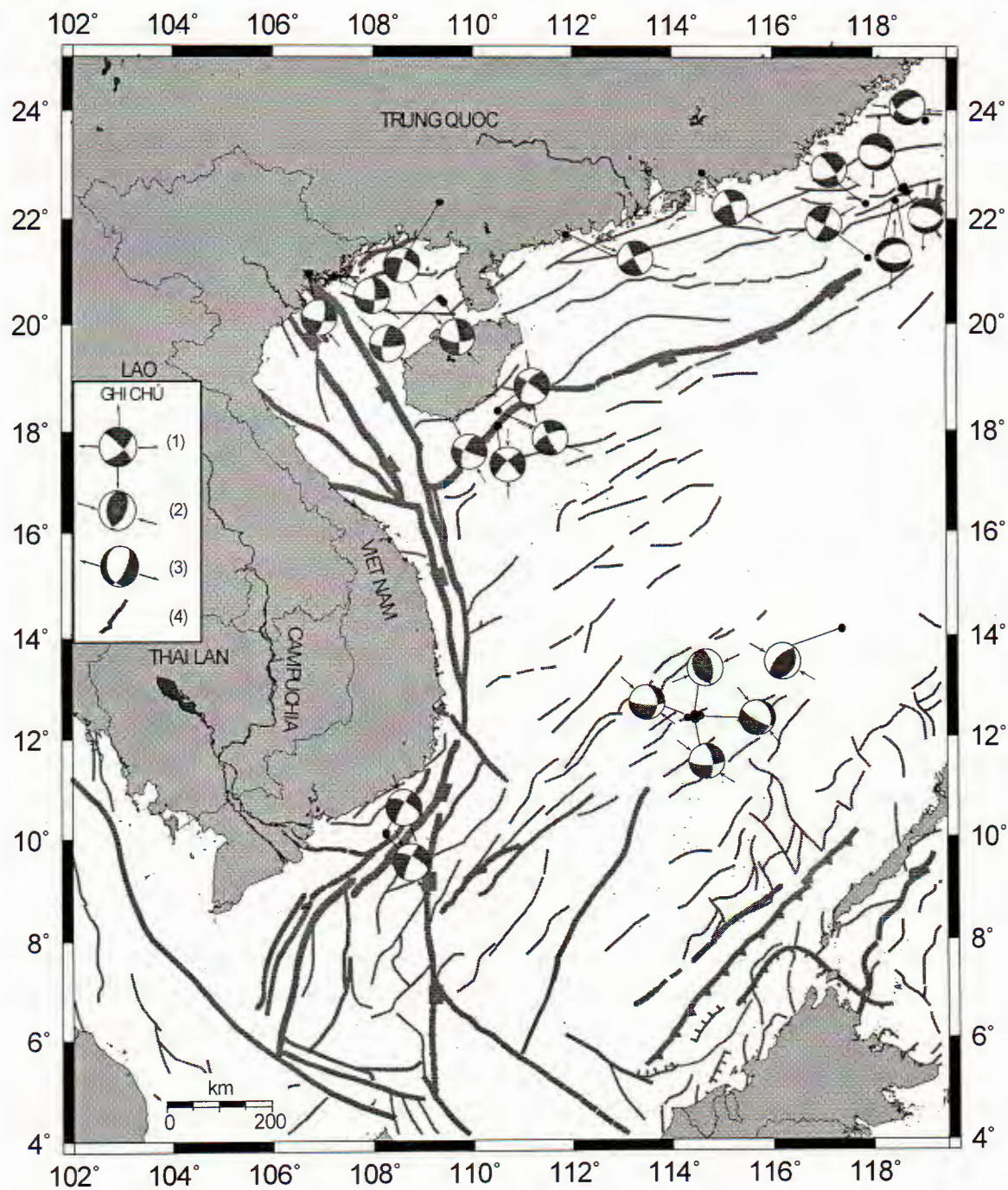
Hệ đứt gãy Tây Biển Đông.

Cho đến nay, cơ chế hoạt động của hệ đứt gãy TBĐ mới chỉ được phỏng đoán trên cơ sở phân tích các đặc điểm hình thái-địa động lực của các khối tảng trong khu vực cũng như đặc điểm cấu trúc kiến tạo của các đứt gãy liên quan. Tuy nhiên, do thiếu những số liệu thực tế về địa chất, địa mạo, vật lý kiến tạo và đặc biệt là số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất, các phỏng đoán, nhận định về hướng chuyển động hiện đại trong hệ đứt gãy Tây Biển Đông còn có rất nhiều mâu thuẫn [12].

Bảng 5: Số liệu cơ cấu chấn tiêu động đất trong hệ đứt gãy Tây Biển Đông và lân cận

TT	Động đất	Toạ độ		H km	M	NP ₁	NP ₂	P	T	B
	Năm	$\varphi^\circ(N)$	$\lambda^\circ(E)$			$Az_1^\circ \delta_1^\circ \Psi^\circ$	$Az_2^\circ \delta_2^\circ \Psi^\circ$	$z_p^\circ \delta_p^\circ$	$Az_T^\circ \delta_T^\circ$	$Az_B^\circ \delta_B^\circ$
1	11/07/2005	10.08	108.26	12	5.2	23 79 -22	117 69 -168	339 23	75 9	182 67
2	11/08/2005	10.12	108.26	10	5.3	27 82 -22	120 68 -172	341 22	77 8	174 76

Bảng 5 và hình 2 cho thấy, các trận động đất mạnh M=5.2, 5.3 (2005), xảy ra tại vùng khớp nối của các hệ đứt gãy á kinh tuyến Tây Biển Đông và ĐB-TN Bắc nâng Côn Sơn. Tuy nhiên, xem xét về tương quan không gian giữa vị trí chấn tiêu động đất và các hệ đứt gãy kể trên thì có nhiều khả năng các trận động đất này xảy ra trong hệ đứt gãy Bắc nâng Côn Sơn, tại vùng chuyển hướng, từ ĐB-TN sang BDB-NTN của hệ đứt gãy. Cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất này tương tự nhau, cùng thể hiện trường ứng suất dạng trượt bằng-tách thuận với ứng suất nén và giãn gần nằm ngang theo phương BTB-NĐN và ĐĐB-TTN, bề mặt trượt BDB-NTN ($Az_1=23-27^\circ$), dốc 79⁰- 82⁰ về phía Đông.



Hình 2: Đặc điểm phân bố ứng suất và cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực Biển Đông.

- Các trạng thái ứng suất trượt bằng (1), chồm nghịch (2) và chồm thuận (3).
- Đứt gãy (4).

Trường ứng suất mô tả ở trên rất gần với kiểu phân bố ứng suất trong các hệ đứt gãy phương á kinh tuyến và á vĩ tuyến khác trong khu vực như Bắc vịnh Bắc bộ, thềm lục địa Đông Nam Trung Quốc, trũng sâu trung tâm Biển Đông... Với đặc điểm phân bố ứng suất mang tính quy luật như vậy đối với hai hệ thống đứt gãy liên hợp-á kinh tuyến và á vĩ tuyến ở khu vực nghiên cứu, có thể nhận định rằng chuyển động hiện đại trong hệ đứt gãy Tây Biển Đông thuộc dạng trượt bằng trái-tách thuận trong trường ứng suất với trục nén TB-ĐN và trục giãn ĐB-TN. Chuyển động này mô tả quá trình nâng lên và dịch chuyển tương đối xuống phía Nam của khối Đông Dương so với mảng Biển Đông đang lún chìm tương đối.

IV. KẾT LUẬN

Trường ứng suất kiến tạo và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất khu vực Biển Đông được nghiên cứu trên cơ sở phân tích 25 mô hình cơ cấu chấn tiêu động đất, trong đó 5 cơ cấu chấn tiêu thuộc Bắc vịnh Bắc bộ, 4 cơ cấu chấn tiêu thuộc hệ đứt gãy Nam Hải Nam, 9 cơ cấu chấn tiêu ở ven biển và thềm lục địa Đông Nam Trung Quốc, 5 cơ cấu chấn tiêu ở trũng sâu trung tâm Biển Đông và 2 cơ cấu chấn tiêu trong hệ đứt gãy Tây Biển Đông.

Trường ứng suất dạng trượt bằng-tách thuận chiếm ưu thế trong khu vực nghiên cứu với trục ứng suất nén thay đổi từ á vĩ tuyến ở Đông Bắc Biển Đông đến á kinh tuyến trong hệ đứt gãy Nam Hải Nam và TB-ĐN trong các vùng còn lại. Trong trường ứng suất này, các chuyển động trượt bằng phải-tách thuận xảy ra trên các đứt đoạn á vĩ tuyến ở Bắc vịnh Bắc bộ, thềm lục địa Đông Nam Trung Quốc và Trũng sâu Trung tâm Biển Đông. Các chuyển động trượt bằng trái-tách thuận thể hiện rõ trong các hệ đứt gãy phương á kinh tuyến Tây Biển Đông và kinh tuyến 114⁰. Các chuyển động này xảy ra bởi trường ứng suất kiến tạo dạng trượt bằng với ứng suất nén và giãn gần nằm ngang theo các phương TB-ĐN và ĐB-TN

Các chuyển động bởi cơ chế chồm nghịch xảy ra trong các đứt gãy á kinh tuyến và ĐB-TN thuộc trũng sâu trung tâm Biển Đông. Dọc hệ đứt gãy kinh tuyến 114⁰, khối vỏ phía Đông dịch chuyển lên trên và chuyển động về phía Tây bởi cơ chế nghịch chồm.

Các chuyển động tách thuận và tách thuận-trượt bằng xảy ra trong hệ bồn trũng Đông Bắc Biển Đông. Chúng thể hiện quá trình lún chìm, tách thuận và dịch chuyển hướng Tây của khối vỏ Biển Đông so với lục địa Đông Nam Trung Quốc.

Các chuyển động chồm nghịch, tách thuận và tách thuận-trượt bằng trong các trận động đất lớn ở trũng sâu trung tâm Biển Đông và hệ bồn trũng Đông Bắc Biển Đông đều có khả năng gây ra sóng thần.

** Công trình này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ về kinh phí của Chương trình NCCB thuộc các lĩnh vực KHTN- Giai đoạn 2006-2008.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Lê Duy Bách, Phạm Văn Ninh và nnk, 1993**, Kết quả điều tra nghiên cứu về điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa và các vấn đề khoa học cần giải quyết trong giai đoạn 1993-1995, Lưu trữ tại Ban biên giới Chính phủ.
2. **Bao zu Wei, Wai Ying Chung, 1995**, Strike-slip faulting in the northern margin of the South China Sea: Evidence from two earthquakes offshore Hainan Island, China, in December 1969, Tectonophysics, pp 55-66.
3. **Gu G. Lin and Shi Z., 1983**, Catalogue of earthquakes in China, 1831-1969, Science Press., Beijing.
4. **Nguyễn Văn Lương và nnk, 2003**, Kết quả thành lập danh mục cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực Biển Đông, Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, T.VII, NXB KH&KT Hà Nội, Tr. 51-61.
5. **Nguyễn Văn Lương, Nguyễn Văn Dương, 2004**; Đặc điểm địa chấn địa động lực rìa phía Đông khu vực Bắc Biển Đông; Tạp chí CKH về TĐ, số 26(4); Tr. 295-304.
6. **Nguyễn Văn Lương, Bùi Nhị Thanh, 2006**; Kết quả thành lập bản đồ phân vùng động đất khu vực Biển Đông; Tạp chí KH &CN Biển, Phụ trương 2, Tr. 30-46
7. **Nguyễn Văn Lương và nnk, 2006**, Kết quả thành lập danh mục cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực Biển Đông và lân cận (0° - 25° N, 100° - 128° E), Báo cáo chuyên đề, thực hiện Đề tài KH-CN cấp Viện KH&CN Việt Nam: “Nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm sóng thần...”, 2005-2006.
8. **Nguyễn Văn Lương, Nguyễn Đình Xuyên & nnk, 2007**; Một số đặc điểm của động đất sóng thần khu vực Biển Đông và lân cận; Tạp chí Các KH về TĐ, Số 29(1), Tr. 13-21.
9. **Nguyễn Văn Dương, Nguyễn Văn Lương, 2007**; Trường ứng suất và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất trong đới hút chìm Manila và lân cận; (Đã gửi đăng trong Tạp chí Các KH về TĐ tháng 7/2007).
10. **Bùi Công Quế và nnk, 2000**; Thành lập bản đồ cấu trúc kiến tạo vùng biển Việt Nam và kế cận, Báo cáo chuyên đề, Đề tài KH-CN-06-12, Chương trình nghiên cứu biển, Hà Nội
11. **Nguyễn Đình Xuyên & nnk, 2004**, Danh mục động đất Việt Nam (114-2003), Báo cáo đề tài độc lập cấp nhà nước “Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam”
12. **Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2007**, Nghiên cứu dự báo độ nguy hiểm sóng thần các vùng ven biển Việt Nam; Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện KH&CN Việt Nam, 2005-2006; Viện VLĐC, Viện KH&CN Việt Nam.

TECTONIC STRESS FIELD AND MODERN MOVEMENTS IN THE EARTH'S CRUST IN THE EAST SEA REGION

NGUYEN VAN LUONG ⁽¹⁾, BUI CONG QUE ⁽²⁾, NGUYEN VAN DUONG ⁽²⁾

Summary: In this paper, characteristics of tectonic stress field and modern movements in the Earth's crust of the East Sea have been studied on the basis of analysing focal mechanism data of 25 moderate and large earthquakes occurred in the region. It is shown that, the tectonic stress field of studied region is rather complicatedly differential, in which the compressive stress axis varies from the orientation of sub-latitude in the northeast East Sea to sub-longitude in the Hainan island area and northwest-southeast in remain areas. In such a tectonic stress field, almost sublatitudinal and sublongitudinal faults are characterised by modern movements of left- and right lateral strike-normal dip slip types, while the South Hainan faults are of left lateral strike-normal dip type. In addition, thrust- and normal dip slip movements are also excavated in sublongitudinal and sublatitudinal fault systems in the Central East Sea deep depression and basin system of the Northeastern East Sea.

Ngày nhận bài: 23 - 8 - 2007

Người nhận xét: GS.TSKH. Mai Thanh Tân

Địa chỉ: ^a Viện địa chất và Địa vật lý biển
^b Viện Vật lý Địa cầu