

# ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤN ĐỊA ĐỘNG LỰC RÌA PHÍA ĐÔNG KHU VỰC BẮC BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN VĂN LƯƠNG, NGUYỄN VĂN DƯƠNG

## I. MỞ ĐẦU

Khu vực nghiên cứu được giới hạn giữa các vĩ độ 12-24° N và các kinh độ 118-121° E (hình 1, 2). Khu vực có vị trí quan trọng trên bình đồ cấu trúc kiến tạo Bắc Biển Đông và là nơi tiếp giáp giữa các đơn vị cấu trúc cơ bản trong khu vực là Trùng Trung tâm Biển Đông, quần đảo Trường Sa thuộc mảng Biển Đông với các khối tảng Philippin ở phía đông và nam Trung Hoa ở phía bắc. Ranh giới giữa các cấu trúc này là các hệ đứt gãy đông bắc Biển Đông, tây nam Luzon, bắc Manila và đới Beniof Manila. Các hệ đứt gãy này đã được đề cập đến trong nhiều văn liệu của các tác giả trong và ngoài nước [1, 5, 6]. Đới Beniof Manila, ranh giới giữa khối đảo Luzon và mảng Biển Đông là một cấu trúc hoạt động mạnh trong hiện đại với các quá trình động đất, núi lửa xảy ra khá thường xuyên. Mức độ và cơ chế hoạt động của đới kiến tạo đặc biệt này đóng vai trò quan trọng, khống chế khung cảnh địa kiến tạo - địa động lực khu vực bắc Biển Đông.

Từ các nguồn số liệu đã công bố, có thể lựa chọn 591 trận động đất mạnh và vừa ( $M_S \geq 5,0$ ) xảy ra tại vùng rìa đông Biển Đông, trong giai đoạn 1920-2001 [4, 5]. Đồng thời danh mục 112 cơ cấu chấn tiêu động đất (CCCT) cũng được thành lập trên cơ sở các nguồn tài liệu động đất hiện có, đã được công bố [1, 5]. Danh mục này khá đầy đủ, có tính đồng nhất và độ tin cậy cao. Tất cả các CCCT đều được xác định bởi Trung tâm Địa chấn HRVD theo phương pháp Tensor moment địa chấn.

Với việc sử dụng các tài liệu động đất, CCCT và các bản đồ cấu trúc kiến tạo khu vực, đặc điểm địa chấn địa động lực khu vực rìa đông Biển Đông đã được làm sáng tỏ. Mức độ hoạt động và các cơ chế kiến tạo hiện đại trong khu vực đã được phân tích trong mối tương quan đối sánh giữa quy luật phân bố các thông số CCCT với các đặc trưng hình thái động học của các hệ đứt gãy.

## II. CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ HỆ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các tài liệu sử dụng để hoàn thành các nội dung bài báo bao gồm:

- Sơ đồ cấu trúc kiến tạo khu vực Biển Đông và lân cận [1, 6].

- Các danh mục động đất và CCCT hiện có trong khu vực Biển Đông đã được công bố trong các công trình nghiên cứu và thông báo của các Trung tâm dữ liệu địa chấn quốc tế [2, 4, 7, 8]. Từ các nguồn tài liệu này đã lựa chọn được 591 trận động đất mạnh và vừa ( $M_S \geq 5,0$ ) đã xảy ra ở khu vực nghiên cứu trong giai đoạn 1920-2001, trong đó 6 động đất  $M_S \geq 7$  và 48 động đất  $6, 0 \leq M_S \leq 7,0$ . 112 trận động đất trong khu vực nghiên cứu đã xác định được CCCT theo phương pháp Tensor moment địa chấn [4, 8].

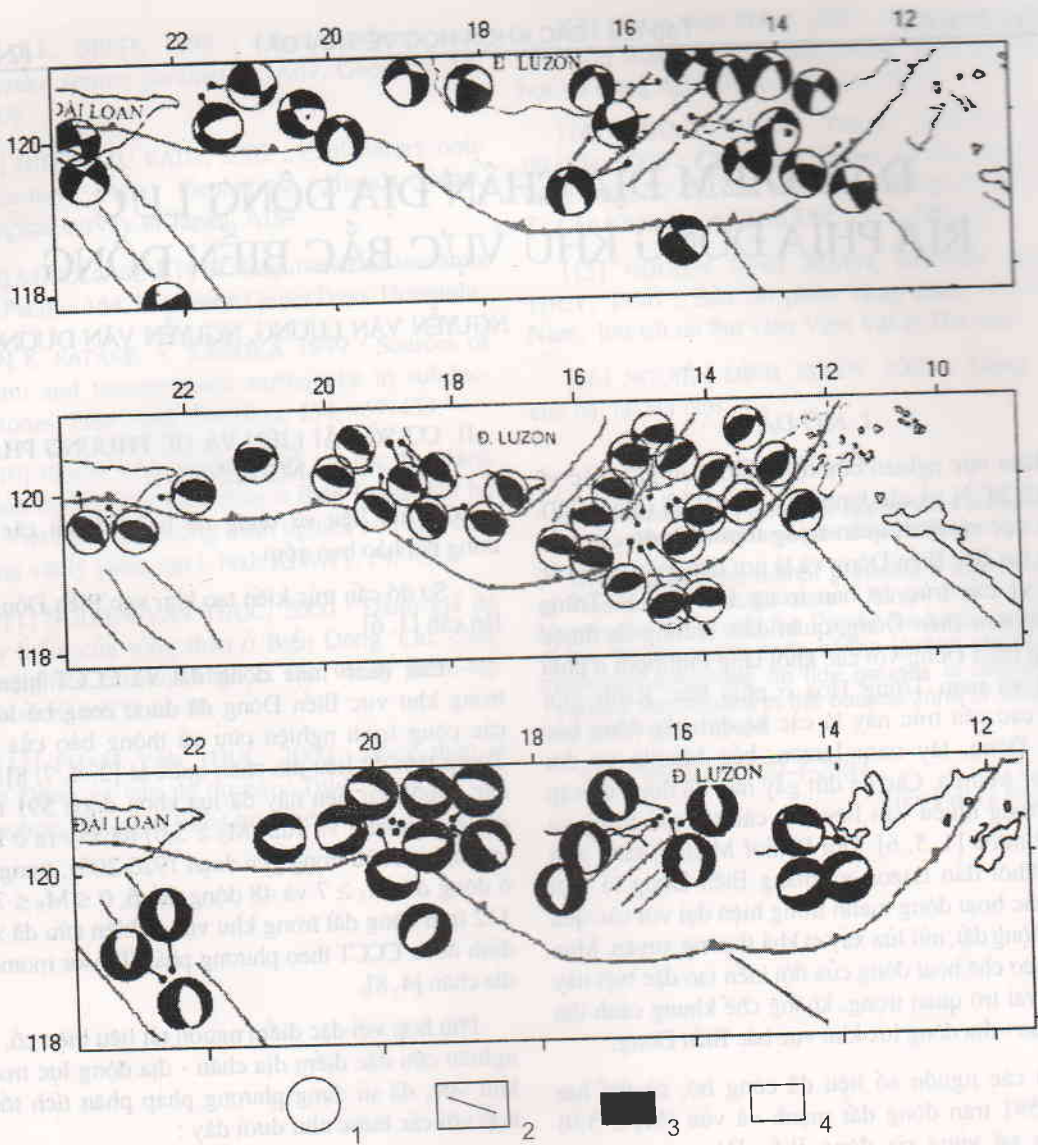
Phù hợp với đặc điểm nguồn tài liệu hiện có, để nghiên cứu đặc điểm địa chấn - địa động lực trong khu vực, đã sử dụng phương pháp phân tích tổng hợp với các bước như dưới đây:

- Tham số mật độ chấn tâm (MĐCT), bằng số lượng chấn tâm động đất trên một đơn vị diện tích 10 km × 10 km được sử dụng để nghiên cứu đặc điểm phân bố động đất theo diện và theo độ sâu. Các sơ đồ, mật cắt MĐCT được thành lập trên cơ sở sử dụng công thức trung bình hoá có dạng:

$$\rho_{ij}^n = 0,4\rho_{ij}^{n-1} + 0,1 \times [\rho_{i-1,j}^{n-1} + \rho_{i+1,j}^{n-1} + \rho_{i,j+1}^{n-1}] + 0,05[\rho_{i-1,j-1}^{n-1} + \rho_{i-1,j+1}^{n-1} + \rho_{i+1,j-1}^{n-1} + \rho_{i+1,j+1}^{n-1}]$$

Trong đó  $\rho_{ij}^n$  và  $\rho_{ij}^{n-1}$  là các giá trị MĐCT tại diện tích (i,j) tương ứng với số lần trung bình thứ n và (n-1), (n = 1, 2, 3...).

- Trên cơ sở sử dụng mô hình nguồn động đất là ngẫu lực kép [8], tiến hành xác định các thông



Hình 1. Sơ đồ phân bố chấn tâm loại trượt bằng (a), chòmer nghịch (b), chòmer thuận (c)

1. Mô hình cơ cấu chấn tiêu, 2. Đứt gãy sinh chấn, 3. Vùng ứng suất nén, 4. Vùng ứng suất dãn

số CCCT trên lưới chiếu nổi Wulf từ nửa dưới hình cầu chấn tiêu; phân loại các CCCT thành các dạng cơ bản và xác định đặc điểm phân bố của chúng.

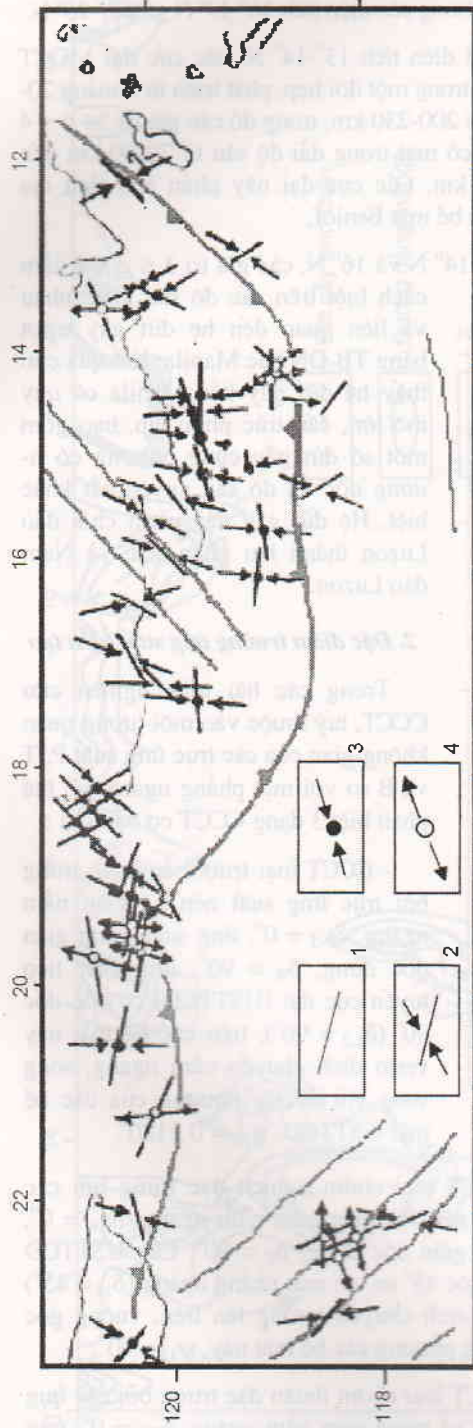
- Xác định trường ứng suất kiến tạo và cơ chế hoạt động trong các hệ đứt gãy sinh chấn.

### III. CÁC ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤN ĐỊA ĐỘNG LỰC

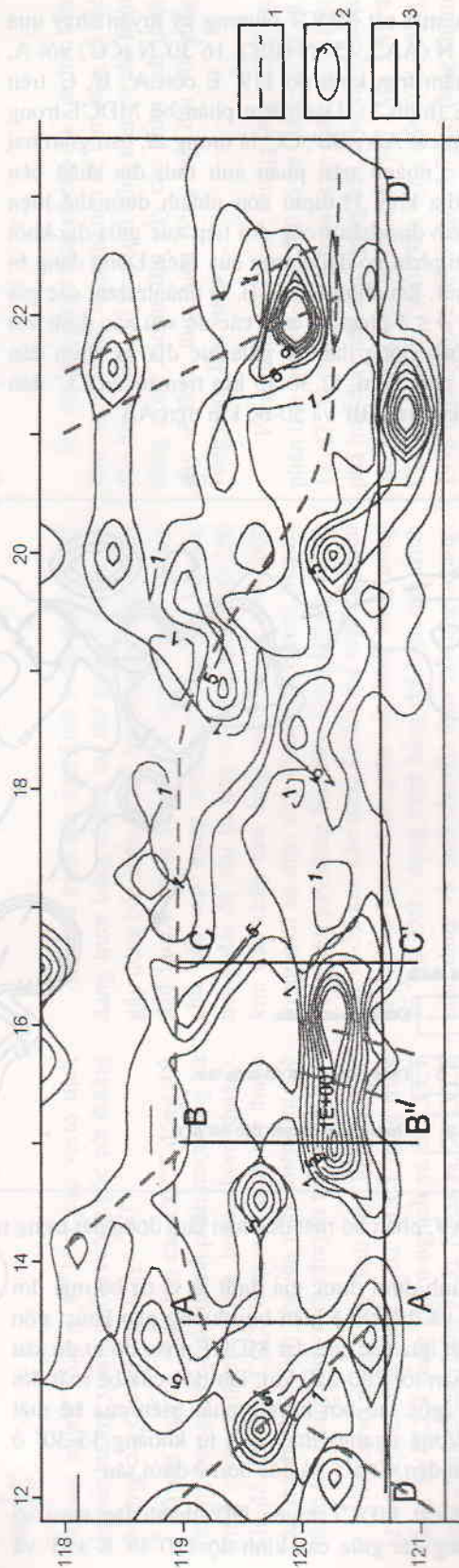
#### 1. Đặc điểm phân bố chấn tâm động đất

Để làm sáng tỏ khung cảnh địa chấn địa - động lực khu vực rìa đông Biển Đông, đặc điểm phân bố

MDCT động đất theo diện và theo độ sâu đã được phân tích. Các kết quả trình bày trên hình 3 cho thấy phần lớn các cực đại đều liên quan đến các hệ đứt gãy sinh chấn: các cực đại giữa  $119^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{E}$  có phương chủ đạo á kinh tuyến trùng với hướng phát triển đới Beniof Manila; các cực đại  $8 \leq \rho \leq 10$  giữa  $15^{\circ} - 16^{\circ}30'\text{N}$ ,  $120^{\circ} - 121^{\circ}\text{E}$  liên quan đến hệ đứt gãy bắc Manila;  $4 \leq \rho \leq 5$  và  $3 \leq \rho \leq 4$  ở phía bắc nằm trong hệ đứt gãy ĐB Biển Đông còn cực đại  $4 \leq \rho \leq 5$  phía tây nam liên quan đến các hệ đứt gãy ĐB-TN nằm về phía tây nam đảo Luzon.

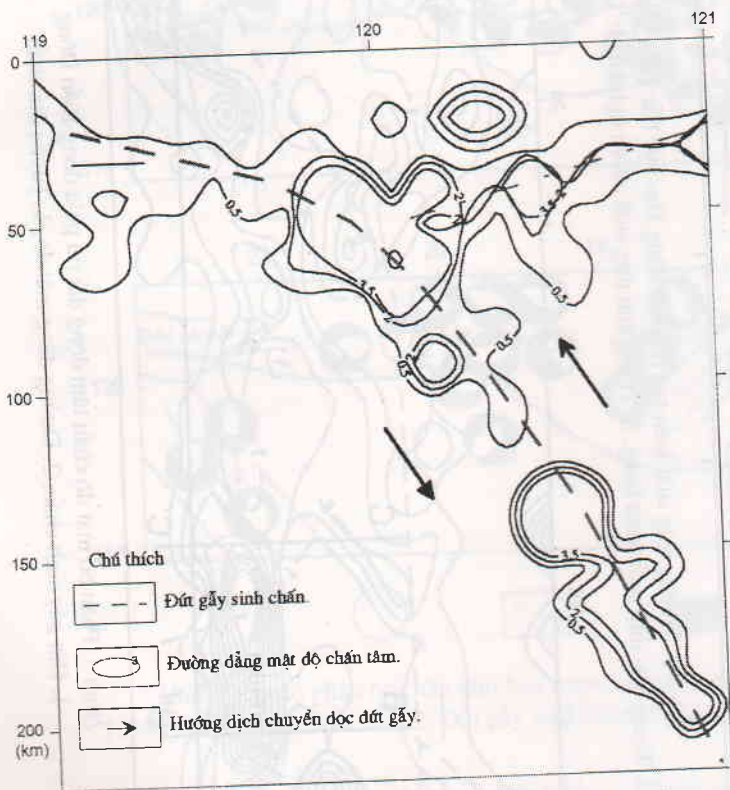


Hình 2. Trường ứng suất kiến tạo rìa phía đông khu vực bắc Biển Đông  
 1. Đứt gãy sinh chấn, 2. Trường ứng suất trượt bằng, 3. Trường ứng suất trượt bằng, 4. Trường ứng suất trượt chớm thuận



Hình 3. Phân bố mật độ chấn tâm đông đất rìa phía đông Biển Đông  
 1. Đứt gãy sinh chấn, 2. Đường đẳng mật độ, 3. Tuyến địa chấn

Các mặt cắt MĐCT phương vĩ tuyến chạy qua 13°30' N (AA'), 15° N (BB'), 16°30' N (CC') với A, B, C nằm trên kinh độ 119° E còn A', B', C' trên 121° E (hình 3). Đặc điểm phân bố MĐCT trong các mặt cắt AA', BB', CC' là tương tự, bao gồm hai nhánh: nhánh trên phản ánh tính địa chấn bên trong địa khối Philipin còn nhánh dưới thể hiện đặc điểm địa chấn trong đới tiếp xúc giữa địa khối này với phần vỏ đại dương của Biển Đông đang bị cuốn hút, lún chìm (hình 4). Ở nhánh trên, các giá trị  $2 \leq \rho \leq 3$  phân bố trên các độ sâu xác định với xu hướng nông dần về phía lục địa và chìm dần xuống phía nam, từ 30-45 km trên tuyến CC' đến 40-50 km trên BB' và 50-60 km trên AA'.



Hình 4. phân bố mật độ chấn tâm động đất trong mặt cắt BB'

Nhánh dưới được giả định là vị trí bề mặt đới Beniof và được thể hiện bởi đường gấp khúc, uốn cong cắt qua các cực đại MĐCT phân bố từ độ sâu 15-20 km tới 200-250 km. Độ dốc của bề mặt đới Beniof (góc tạo bởi hướng phát triển của bề mặt với phương ngang) thay đổi, từ khoảng 15-30° ở bên trên đến 40-50° và dốc hơn ở dưới sâu.

Mặt cắt MĐCT tuyến DD' thành lập theo số liệu động đất giữa các kinh độ 120°45' E ± 15' và

các vĩ độ 12°- 23°30' N. Kết quả trình bày trên hình 5 cho thấy, MĐCT động đất theo phương kinh tuyến thay đổi rất phức tạp. Các giá trị  $3 \leq \rho \leq 4$  phân bố trên các diện tích 13°-14° N, 15°-16° N, 18°-19° N và 20°-21° N. Các giá trị MĐCT nhỏ hơn quan sát được trong các diện tích 16°-17° N và 22°-23° N.

Trong diện tích 13°-14° N, các cực đại MĐCT tập trung trong một đới hẹp, phát triển từ khoảng 20-30 km tới 200-230 km, trong đó các giá trị  $3 \leq \rho \leq 4$  chủ yếu có mặt trong dải độ sâu từ 70-80 km đến 120-150 km. Các cực đại này phản ánh tính địa chấn trên bề mặt Beniof.

Giữa 14° N và 16° N, các giá trị  $3 \leq \rho \leq 4$  nằm cách biệt trên các độ sâu khác nhau và liên quan đến hệ đứt gãy trượt bằng TB-ĐN bắc Manila. Kết quả cho thấy hệ đứt gãy bắc Manila có quy mô lớn, cấu trúc phức tạp, bao gồm một số đứt gãy cùng phương có hướng dốc và độ sâu xuyên cắt khác biệt. Hệ đứt gãy này phân chia đảo Luzon thành hai phần Bắc và Nam đảo Luzon.

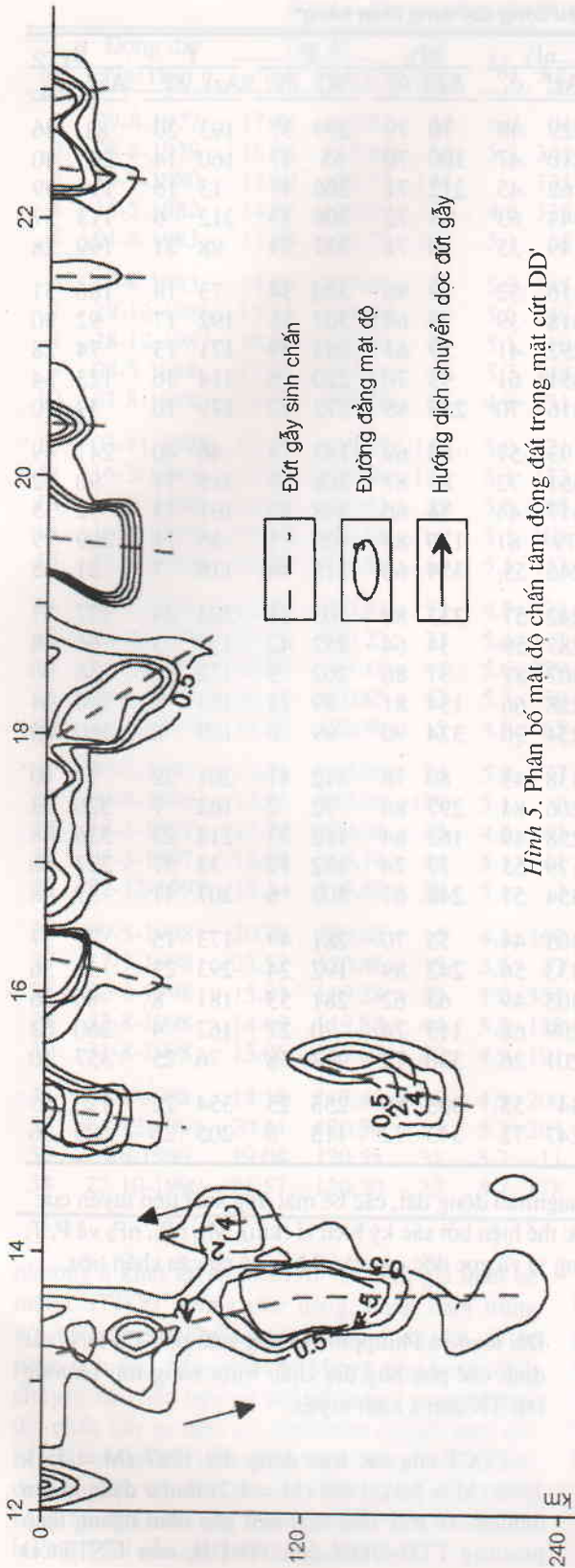
## 2. Đặc điểm trường ứng suất kiến tạo

Trong các bài toán nghiên cứu CCCT, tùy thuộc vào mối tương quan không gian của các trục ứng suất P, T và B so với mặt phẳng ngang, có thể phân biệt 3 dạng CCCT cơ bản sau:

- CCCT loại trượt bằng đặc trưng bởi trục ứng suất nén và giãn nằm ngang,  $\delta_{P,T} = 0^\circ$ , ứng suất trung gian dốc đứng,  $\delta_B = 90^\circ$ , ứng suất tiếp tuyến cực đại (USTTCD) có góc dốc 90° ( $\delta_{1,2} = 90^\circ$ ), trên các bề mặt này vorto dịch chuyển nằm ngang, song song với đường phương của các bề mặt USTTCD,  $\psi_{1,2} = 0 \pm 180^\circ$ .

- CCCT loại chồm nghịch đặc trưng bởi các ứng suất nén và trung gian nằm ngang,  $\delta_{P,B} = 0^\circ$ , ứng suất giãn dốc đứng,  $\delta_T = 90^\circ$ . Các USTTCD tạo một góc 45° so với mặt phẳng ngang ( $\delta_{1,2} = 45^\circ$ ) và vorto dịch chuyển hướng lên trên, vuông góc với đường phương các bề mặt này,  $\psi_{1,2} = 90^\circ$ .

- CCCT loại chồm thuận đặc trưng bởi các ứng suất giãn và trung gian nằm ngang,  $\delta_{T,B} = 0^\circ$ , ứng suất nén dốc đứng,  $\delta_P = 90^\circ$ . USTTCD dốc 45° so với



Hình 5. Phân bố mật độ chấn tâm động đất trong mặt cắt DD'

phương ngang ( $\delta_{1,2} = 45^\circ$ ) và các vệt dịch chuyển hướng xuống dưới, vuông góc với đường phương của các bề mặt,  $\psi_{1,2} = -90^\circ$ .

Trong thực tế, phần lớn các CCCT động đất thường bao gồm cả các thành phần trượt bằng và trượt chờm (chờm nghịch hoặc chờm thuận). Khi đó tính chất CCCT được xác định tùy thuộc vào thành phần dịch chuyển nào chiếm ưu thế về độ lớn trong vệt dịch chuyển toàn phần.

Trên cơ sở những quy định trên, từ danh mục 112 CCCT có thể phân ra 32 CCCT dạng trượt bằng, 34 CCCT dạng chờm nghịch và 20 CCCT dạng chờm thuận (bảng 1 - 3). Ngoài ra, 26 CCCT còn lại thuộc loại đặc biệt với các ứng suất cơ bản phân bố không theo quy tắc và USTTCĐ gần nằm ngang hoặc gần thẳng đứng (bảng 4).

Kết quả trình bày trên hình 1 cho thấy CCCT dạng trượt bằng chiếm ưu thế trong các hệ đứt gãy đông bắc Biển Đông, bắc Manila và tây nam đảo Luzon trong khi CCCT dạng chờm nghịch chủ yếu tập trung trong đới beniof Manila, trong dải độ sâu từ một vài chục đến 200-250 km. Các chấn tiêu dạng chờm thuận xuất hiện trong một số diện tích thuộc đới beniof Manila và hệ đứt gãy đông bắc Biển Đông, trong dải độ sâu 10-35 km. Các dạng CCCT thể hiện các kiểu tương tác khác nhau giữa các khối tầng trong vỏ Trái Đất: dạng trượt bằng thể hiện quá trình biến dạng và dịch chuyển theo phương ngang, trong khi các dạng chờm nghịch (hay chờm thuận) thể hiện quá trình hội tụ (hay phân tách) các khối tầng.

Do đặc điểm cấu trúc và chế độ kiến tạo của khu vực rất phức tạp, cho nên để làm sáng tỏ các đặc điểm phân bố ứng suất cũng như cơ chế hoạt động trong các hệ đứt gãy các phân tích dưới đây sẽ được thực hiện riêng biệt đối với từng vùng trong khu vực.

- *Vùng đảo Đài Loan*: trường ứng suất được phân tích trên cơ sở CCCT số 14 (bảng 1) và 13, 17, 27, 34 (bảng 2). Kết quả cho thấy ngoài một phá hủy địa chấn trượt bằng trái, phương ĐB-TN thể hiện qua CCCT động đất 1987 (M= 5,4), 4 CCCT còn lại, 1990 (M= 5,6), 1993 (M= 5,4), 1998 (M= 5,6) và 1999 (M= 5,7) có dạng chờm nghịch với trục ứng suất nén phương TTB-ĐĐN và USTTCĐ phương BDB-NTN đến ĐB-TN gần với hướng phát triển của đới Beniof.

Bảng 1. Các cơ cấu chấn tiêu động đất dạng trượt bằng\*

STT	Động đất Ng-Th-n.	Toạ độ		H (km)	$M_s$	$nP_1$		$nP_{II}$		P		T		B	
		$\varphi^\circ(N)$	$\lambda^\circ(E)$			$Az_1^0$	$\delta_1^0$	$Az_2^0$	$\delta_2^0$	$Az_P^0$	$\delta_P^0$	$Az_T^0$	$\delta_T^0$	$Az_B^0$	$\delta_B^0$
1	21-5-1977	15.70	120.82	189	5.6	329	48	70	79	299	37	193	20	81	46
2	22-7-1981	14.64	120.25	69	5.4	210	47	100	70	55	47	160	14	263	40
3	29-12-1982	14.78	120.29	91	4.8	62	45	312	71	266	47	13	16	116	39
4	11-8-1983	18.63	120.72	20	5.5	344	63	83	72	306	33	212	6	113	57
5	17-8-1983	18.19	120.96	10	6.6	149	35	30	71	337	54	98	21	199	28
6	16-9-1983	18.24	120.78	14	5.5	116	52	19	80	330	34	73	18	186	51
7	14-11-1984	17.01	120.41	122	5.7	318	39	79	68	307	55	192	17	92	30
8	23-4-1985	15.34	120.61	188	6.3	292	41	59	63	283	59	171	13	74	28
9	27-5-1985	15.2	120.31	83	4.8	351	61	93	70	220	6	314	36	123	54
10	09-8-1985	17.29	120.21	36	6.1	316	70	223	88	272	12	179	16	39	70
11	04-11-1985	13.45	120.15	36	5.2	193	57	88	69	143	8	46	40	241	49
12	11-2-1987	19.01	120.86	24	5.9	351	72	82	87	308	14	215	11	90	72
13	25-4-1987	16.00	120.24	100	6.3	317	44	74	66	298	52	191	13	92	35
14	18-12-1987	23.5	120.7	15	5.4	79	81	170	83	305	1	35	11	209	79
15	23-5-1990	20.40	120.42	28	4.9	246	55	354	66	215	44	118	7	21	45
16	21-7-1990	17.12	120.40	15	5.5	242	57	333	88	103	21	203	24	337	57
17	23-7-1990	16.05	119.69	15	5.3	287	59	34	64	252	42	159	3	66	48
18	12-3-1991	23.34	119.66	15	5.5	307	81	37	86	262	9	172	4	58	80
19	15-6-1991	15.42	120.83	34	5.4	228	66	134	81	89	23	183	10	294	64
20	15-6-1991	15.36	120.12	15	5.4	234	90	324	90	99	0	189	0	180	90
21	19-3-1992	17.15	120.83	15	6.0	338	43	80	78	312	41	201	22	91	40
22	14-9-1992	21.27	117.94	35	5.5	206	84	297	86	72	2	162	7	326	83
23	09-4-1993	15.59	120.42	15	5.6	258	49	163	84	112	33	218	23	336	48
24	06-12-1993	21.63	120.96	32	5.1	179	55	77	74	132	12	33	37	237	50
25	27-4-1994	13.10	119.47	33	5.8	354	57	248	67	303	6	207	41	39	48
26	10-11-1994	22.63	118.66	15	4.9	303	44	55	70	281	49	173	15	71	37
27	15-3-1995	15.36	118.68	15	5.0	333	56	242	89	192	24	293	23	61	56
28	03-2-1996	19.95	120.13	32	4.5	305	49	63	62	281	53	181	8	86	36
29	20-11-1996	16.51	120.47	21	5.7	209	68	113	74	70	27	162	4	260	62
30	24-8-1997	21.75	120.76	31	5.0	201	26	330	72	213	58	76	25	337	10
31	07-9-1997	13.93	120.57	101	4.9	34	55	303	88	253	25	354	22	120	55
32	23-11-1998	13.27	119.93	17	4.5	247	72	343	72	115	0	205	26	25	26

\* Ghi chú bảng 1-4 : các thông số độ sâu chấn tiêu, magnitud động đất, các bề mặt ứng suất tiếp tuyến cực đại và các ứng suất cơ bản nén, dãn, trung gian được thể hiện bởi các ký hiệu H (km),  $M_s$ ,  $nP_1$ ,  $nP_2$  và P, T, B. Đồng thời Azi và  $\delta_i$  là các ký hiệu chỉ phương vị và góc dốc của các thông số cơ cấu chấn tiêu.

- Vùng Eo biển Luzon có mặt 4 CCCT dạng trượt bằng 4, 12, 24, 30 (bảng 1), 4 CCCT dạng chồm nghịch 8, 20, 32, 33 (bảng 2) và 8 CCCT chồm thuận 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 16 (bảng 3). Nằm trong đới tiếp giáp giữa các mảng và các địa khối hoạt động, trường ứng suất ở đây phân dị phức tạp từ diện tích này sang diện tích khác. Các trạng thái ứng suất trượt bằng chiếm ưu thế trên các diện tích ven biển

Đài loan và Philippin với ứng suất nén TB-ĐN, xác định các phá huỷ địa chấn trượt bằng trái phương ĐB-TN đến á kinh tuyến.

CCCT của các trận động đất 1987 (M = 5,1), 1998 (M = 5,3), 1999 (M = 5,2) thuộc dạng chồm nghịch với trục ứng suất nén gần nằm ngang theo phương TTB-ĐDN đến TB-ĐB, còn USTTCD

Bảng 2. Các cơ cấu chấn tiêu động đất dạng chòm nghịch

STT	Động đất Ng-Th-n.	Toa độ		H (km)	$M_s$	nP <sub>I</sub>		nP <sub>II</sub>		P		T		B	
		$\varphi^\circ(N)$	$\lambda^\circ(E)$			$Az_1^0$	$\delta_1^0$	$Az_2^0$	$\delta_2^0$	$Az_p^0$	$\delta_p^0$	$Az_T^0$	$\delta_T^0$	$Az_B^0$	$\delta_B^0$
1	29-8-1977	17.44	119.87	12	6.0	01	41	207	52	285	5	173	76	16	13
2	08-8-1979	16.01	119.65	54	5.2	344	26	204	69	281	22	139	62	18	15
3	19-9-1980	13.89	120.72	148		331	33	139	58	234	13	30	76	143	6
4	15-5-1982	14.92	120.09	65	4.8	338	44	194	51	267	4	166	71	358	19
5	01-6-1983	13.90	120.78	299	5.1	65	28	284	68	1	21	221	63	97	16
6	12-8-1983	14.98	119.86	32	5.3	345	34	207	63	281	16	156	64	17	20
7	29-12-1986	15.21	119.40	52	5.6	348	31	168	59	258	14	78	76	168	0
8	28-12-1987	18.96	120.50	30	5.1	19	25	223	67	306	21	151	67	39	13
9	08-5-1988	15.05	119.81	46	5.7	348	43	213	56	283	7	178	65	16	24
10	07-8-1988	15.04	119.26	66	4.8	331	37	186	58	262	11	160	69	355	17
11	03-11-1988	13.31	120.42	140	5.0	321	40	152	50	237	5	105	83	328	5
12	16-3-1989	13.42	120.39	138	5.1	132	37	339	57	58	10	292	73	150	13
13	11-9-1990	22.24	120.43	39	5.6	345	27	201	68	279	21	136	64	15	14
14	19-4-1991	14.40	120.88	160	5.1	102	36	243	60	349	13	111	67	254	19
15	15-1-1992	14.13	120.81	160	5.1	113	36	269	57	9	11	142	74	277	11
16	04-4-1993	13.07	120.81	53	4.7	324	45	165	47	245	1	148	79	335	11
17	15-12-1993	23.00	120.22	21	5.4	1	42	211	53	287	6	178	74	19	15
18	10-02-1995	15.99	119.18	44	5.0	279	45	50	57	163	7	266	62	69	27
19	05-6-1995	18.44	120.85	47	5.3	50	31	201	61	305	15	91	72	213	10
20	20-12-1995	18.76	120.90	15	4.8	65	28	204	68	307	21	86	62	211	17
21	30-7-1996	14.51	119.95	33	5.8	177	32	08	58	94	13	294	76	185	5
22	09-8-1996	13.65	120.86	129	5.1	0	49	137	50	148	0	339	67	158	23
23	18-3-1997	17.74	120.01	45	4.5	162	39	304	58	50	10	166	68	317	19
24	05-5-1997	15.08	119.74	42	5.1	341	32	208	67	281	19	152	61	39	21
25	22-12-1997	15.14	119.69	32	5.1	4	25	206	67	289	21	132	67	22	8
26	09-5-1998	20.75	120.63	15	4.5	160	32	12	62	90	16	314	69	184	14
27	17-7-1998	23.52	120.46	15	5.6	37	36	208	54	302	9	94	80	211	4
28	22-8-1998	15.81	119.28	33	5.0	355	25	190	65	275	20	114	69	8	6
29	23-8-1998	14.69	119.88	44	5.8	158	35	350	56	75	10	284	78	166	6
30	31-8-1998	15.06	119.97	50	4.9	191	45	334	52	82	4	182	70	350	19
31	06-9-1998	14.16	117.40	36	4.5	200	31	47	62	127	16	346	70	221	12
32	04-12-1998	20.41	120.54	15	5.3	201	47	74	58	140	6	39	60	233	29
33	26-8-1999	19.04	120.55	31	5.2	11	29	215	63	296	17	148	70	30	10
34	22-10-1999	23.57	120.20	33	5.7	178	49	46	52	113	1	20	63	203	47

phương á kinh tuyến đến ĐB-TN. Khi giả thiết bề mặt USTTCD hướng dọc đông, đông nam trùng với bề mặt phá hủy tại chấn tiêu động đất, từ sự phân tích đặc điểm phân bố không gian verto dịch chuyển tại chấn tiêu có thể kết luận: các phá hủy địa chấn xảy ra theo cơ chế chòm nghịch trên các bề mặt có hướng dọc đông hoặc đông nam. Verto dịch chuyển tại chấn tiêu có chứa thành phần trượt bằng trái thể hiện quá trình chuyển động tương đối hướng TTN của các khối tầng phía đông.

Các CCCT chòm thuận phương á kinh tuyến hoặc ĐDB-NTN, mô tả các chuyển động phân tách khối tầng theo hướng Đ-T hoặc ĐDB-TTN. Các tâm tách giãn tập trung trong các giải độ sâu 10-15 km và 30-35 km và có thể liên quan đến các đới uốn cong, giãn căng của vỏ Trái Đất, một hệ quả tất yếu của quá trình hoạt động kiến tạo trong đới Beniof.

- Trong hệ đứt gãy bắc Manil (phía bắc thủ đô Manila, Phipippin): trường ứng suất ưu thế xác định bởi các CCCT số 1, 2, 8, 13, 17, 19, 20 và 23

Bảng 3. Các cơ cấu chấn tiêu động đất dạng chòm thuận

STT	Động đất Ng-Th-n.	Toạ độ		H (km)	$M_s$	$nP_1$		P		T		B			
		$\varphi^\circ(N)$	$\lambda^\circ(E)$			$Az_1^\circ$	$\delta_1^\circ$	$Az_2^\circ$	$\delta_2^\circ$	$Az_3^\circ$	$\delta_3^\circ$	$Az_4^\circ$	$\delta_4^\circ$	$Az_5^\circ$	$\delta_5^\circ$
1	07-01-1977	21.17	120.28	33	5.5	194	29	343	65	225	67	84	18	349	13
2	04-8-1978	19.92	120.44	32	5.1	2	43	201	48	176	80	282	3	12	10
3	31-1-1981	14.35	119.20	33	5.0	358	44	155	48	356	78	256	2	166	12
4	11-4-1981	14.27	119.19	33	5.6	312	27	158	65	90	68	240	20	333	11
5	22-11-1981	19.30	119.20	33	6.6	330	44	129	48	327	79	229	2	139	11
6	17-4-1982	19.72	120.56	12	6.2	185	37	25	55	333	76	107	9	198	10
7	17-4-1982	19.73	120.55	13	5.5	190	31	24	60	314	74	109	15	201	7
8	19-4-1982	19.70	120.51	21	6.1	163	42	7	50	338	78	86	4	176	12
9	09-3-1984	19.11	120.49	10	4.5	199	37	21	53	297	82	110	8	200	1
10	12-8-1984	17.96	120.95	17	5.5	347	32	205	64	150	66	281	17	17	17
11	29-5-1990	16.23	120.54	16	4.6	76	39	281	53	241	76	0	7	92	12
12	06-8-1990	16.23	120.64	15	4.5	249	45	69	45	180	90	159	0	69	0
13	04-9-1991	15.43	120.31	27	5.1	242	50	109	50	86	64	176	0	266	26
14	01-9-1993	20.31	120.32	15	4.7	147	34	9	63	317	65	83	15	179	19
15	16-9-1994	22.53	118.71	16	6.9	256	35	107	59	56	71	184	12	278	15
16	10-5-1994	21.10	120.24	15	5.1	202	39	343	58	206	68	90	10	356	19
17	19-10-1994	22.36	118.48	16	5.0	67	41	274	52	239	76	352	6	83	13
18	21-12-1994	22.59	118.62	16	4.7	245	34	109	64	56	64	162	16	279	20
19	02-5-1996	16.13	120.49	15	5.0	91	33	248	59	127	73	347	13	254	10
20	05-12-1996	16.38	120.55	30	4.7	66	34	287	63	234	65	2	16	97	19

(bảng 1) có trục ứng suất nén phương á vĩ tuyến và USTTCĐ phương TB-ĐN và ĐB-TN, trong đó các bề mặt USTTCĐ phương TB-ĐN được xác định là các phá huỷ thực trong các trận động đất kể trên. Chúng là các phá huỷ trượt bằng trái mô tả sự chuyển động tương đối về phía tây của khối bắc Luzon. Ngoài ra verito dịch chuyển trong chấn tiêu động đất 1977 ( $M = 5.6$ ), 1985 ( $M = 6.3$ ), 1987 ( $M = 6.3$ ), 1990 ( $M = 5.3$ ) chứa thành phần chòm thuận thể hiện sự lún chìm tương đối của khối bắc Luzon so với khối phía nam.

- *Vùng Tây nam đảo Luzon* : trường ứng suất ưu thế trong đới Beniof được thể hiện qua các CCCT số 6, 7, 9, 10, 11, 12, 18, 21, 24, 25, 28, 29, 30 (bảng 2) và 3, 4 (bảng 3). Kết quả phân tích cho thấy, các TTUS chòm nghịch chiếm ưu thế với trục ứng suất nén gần nằm ngang theo phương á vĩ tuyến trong các diện tích phía bắc và chuyển thành ĐB-TN ở phía nam. Phù hợp với quy luật này, các USTTCĐ thay đổi từ sự định hướng á kinh tuyến đến TB-ĐN, gần trùng với đường phương đới Beniof. Khi giả thiết bề mặt USTTCĐ có hướng dọc đông, đông bắc trùng với bề mặt phá huỷ thực tại chấn tiêu, thì có thể xác nhận rằng các trận động đất

trên xảy ra theo cơ chế chòm nghịch, trên các bề mặt hướng dọc đông, đông bắc, mô tả quá trình dịch chuyển hướng TTN của khối Philippin và sự lún chìm và cuốn hút xuống dưới của mảng Biển Đông. Sự lún chìm này đạt tới các độ sâu 200-250 km như đã phân tích ở trên.

Các CCCT chòm thuận 1981 ( $M = 5.0$ ) và 1981 ( $M = 5.6$ ) tập trung ở độ sâu khoảng 33 km, trong diện tích có sự thay đổi đột ngột về đường phương đới Beniof, từ á kinh tuyến sang TB-ĐN. Các phá huỷ chòm thuận liên quan đến các quá trình giãn căng vỏ Trái Đất trên bề mặt Beniof.

Bên cạnh các CCCT trượt chòm (thuận và nghịch) như đã mô tả ở trên, trong đới Beniof còn có mặt một số lớn các CCCT dạng đặc biệt 1, 2, 4, 5, 9, 13, 14, 20 với các ứng suất cơ bản định hướng không theo quy tắc và các bề mặt USTTCĐ gần nằm ngang hoặc gần thẳng đứng (bảng 4). Tuy nhiên để làm sáng tỏ nguyên nhân dẫn đến các phá huỷ địa chấn có cơ chế đặc biệt này cần tiến hành những nghiên cứu mô hình sâu hơn và chi tiết hơn.

Nằm ngoài đới Beniof Manila về phía tây nam, còn có các CCCT dạng trượt bằng 25, 27, 31, 32



**Bảng 4. Các cơ cấu chấn tiêu động đất có các bề mặt ứng suất tiếp tuyến cực đại gần thẳng đứng hoặc gần nằm ngang**

STT	Động đất Ng-Th-n.	Toạ độ		H (km)	$M_s$	$n_{PI}$		$n_{PII}$		P		T		B	
		$\varphi^\circ(N)$	$\lambda^\circ(E)$			$Az_1^0$	$\delta_1^0$	$Az_2^0$	$\delta_2^0$	$Az_p^0$	$\delta_p^0$	$Az_T^0$	$\delta_T^0$	$Az_B^0$	$\delta_B^0$
<b>I. Cơ cấu chấn tiêu chứa thành phần chồm nghịch lớn (<math>\delta_p &lt; \delta_T</math>)</b>															
1	28-6-1978	13.92	120.67	168	5.4	37	24	215	66	306	21	124	69	215	1
2	13-3-1981	13.90	120.71	144	4.6	12	27	142	72	247	24	24	58	148	19
3	02-5-1981	13.35	120.56	60	5.2	301	24	180	77	253	29	144	54	355	20
4	06-7-1982	14.21	120.60	149	5.3	30	27	141	80	251	30	24	49	146	24
5	01-06-1983	13.90	120.78	299	5.1	65	28	284	68	1	21	221	63	97	16
6	22-9-1984	18.35	120.85	46	5.7	55	28	205	66	306	33	212	6	113	57
7	14-10-1987	17.04	120.21	43	4.7	46	24	247	68	331	22	171	66	64	8
8	05-4-1988	12.36	120.48	15	5.5	312	17	169	76	251	31	92	58	347	10
9	08-8-1988	13.55	120.45	97	5.4	339	15	88	85	191	38	343	48	90	14
10	22-9-1990	15.47	119.33	33	5.7	335	12	200	82	283	36	120	53	19	8
11	16-6-1991	14.60	119.80	33	5.2	220	20	339	80	83	33	229	52	342	17
12	29-3-1993	13.37	120.31	33	5.8	299	24	169	74	245	27	102	57	344	17
13	18-02-1996	14.04	120.80	243	5.4	155	12	290	81	27	36	190	53	291	8
14	20-7-1996	13.86	120.67	110	5.5	10	23	124	80	231	32	10	51	128	21
15	11-12-1999	15.87	119.64	35	7.0	112	13	11	88	336	34	89	41	190	13
16	25-12-1999	17.71	120.19	15	4.5	13	22	264	83	336	34	196	48	81	20
17	06-01-2000	16.21	119.29	15	6.1	3	18	191	72	279	27	104	62	279	27
<b>II. Cơ cấu chấn tiêu chứa thành phần chồm thuận lớn (<math>\delta_t &lt; \delta_p</math>)</b>															
18	20-8-1978	16.46	120.49	29	4.8	268	19	91	71	2	64	180	26	270	1
19	09-02-1983	19.61	120.50	33	4.7	44	22	247	69	171	65	330	24	64	8
20	16-01-1986	13.71	120.81	207	4.6	103	34	1	82	303	43	64	29	175	33
21	19-8-1986	13.95	120.19	80	4.8	250	28	11	75	252	54	119	26	17	23
22	08-4-1988	13.71	120.86	24	5.6	206	17	345	77	240	57	84	31	347	11
23	24-01-1990	14.61	118.69	15	6.1	41	20	176	76	277	29	68	57	179	13
24	03-3-1997	19.24	120.30	15	4.9	25	17	239	76	162	58	322	30	57	9
25	04-7-1997	23.58	120.52	33	4.7	4	22	141	74	31	59	243	27	145	14
26	27-5-1999	15.27	119.94	36	5.2	247	17	10	81	264	52	112	34	12	44

(bảng 1) và dạng chồm nghịch 31 (bảng 2). Xét vị trí không gian cũng như đặc điểm CCCT, có thể nhận định các chấn tiêu này liên quan đến các hệ đứt gãy trượt bằng có nguồn gốc trong Biển Đông và phát triển tới vùng biển phía tây Philipin. Trong khu vực nghiên cứu các hệ đứt gãy này được gọi chung là hệ đứt gãy tây nam đảo Luzon.

Các trận động đất 1995 ( $M = 5,0$ ) và 1998 ( $M = 4,5$ ) là các phá huỷ địa chấn xảy ra trên bề mặt ĐB-TN. Trận động đất đầu có cơ chế trượt bằng trái với ứng suất nén á kinh tuyến trong khi trận động đất sau có dạng chồm nghịch, ứng suất nén TB-ĐN. Vị trí chấn tâm cũng như sự định hướng của các phá huỷ tại chấn tiêu cho phép giả định về sự có mặt hệ đứt gãy sinh chấn ĐB-TN trong diện tích  $117^\circ 30' - 119^\circ E$ ,  $14^\circ - 15^\circ 30' N$ , mà có thể là phần kéo

dài về phía đông của đứt gãy bắc Trường Sa, ranh giới phân cách trung Trung tâm Biển Đông với quần đảo Trường Sa.

Các trận động đất 1994 ( $M = 5,8$ ), 1997 ( $M = 4,9$ ) và 1998 ( $M = 4,5$ ) có CCCT như nhau, thuộc dạng trượt bằng với ứng suất nén á vĩ tuyến và các UST TCD ĐB-TN và TB-ĐN. Cũng tương tự như trường hợp trên, các động đất này có thể liên quan đến đứt gãy trượt bằng ĐB-TN từ đông nam quần đảo Trường Sa phát triển tới vùng biển tây nam đảo Luzon.

### KẾT LUẬN

Trong vùng rìa đông Biển Đông, động đất tập trung chủ yếu trong các hệ đứt gãy đông bắc Biển Đông, tây nam đảo Luzon, bắc Manila và đới Beniof

Manila, MĐCT thay đổi từ các giá trị  $8 \leq \rho \leq 10$  trong đới Beniof và hệ đứt gãy bắc Manila, giảm xuống  $3 \leq \rho \leq 5$  trong hệ đứt gãy ĐB Biển Đông và tây nam đảo Luzon.

Trường ứng suất kiến tạo thay đổi phức tạp theo diện và theo độ sâu. Trong đới Beniof Manila trường ứng suất ưu thế có trục nén gần nằm ngang và vuông góc với hướng phát triển của đới. Các phá huỷ địa chấn ở đây xảy ra trên các bề mặt dốc về đông, mô tả sự chuyển động chồm nghịch về phía tây của khối Philippin trên mảng vỏ Biển Đông lún chìm và cuốn hút xuống dưới.

Trong hệ đứt gãy bắc Manila trường ứng suất kiến tạo ưu thế có ứng suất nén á vĩ tuyến và các USTTCD phương TB-ĐN và ĐB-TN. Hệ đứt gãy hoạt động bởi cơ chế trượt bằng trái mô tả sự chuyển động tương đối về phía tây của khối đảo bắc Luzon so với khối đảo phía nam.

Trong các hệ đứt gãy trượt bằng tây nam đảo Luzon, trường ứng suất thay đổi phức tạp với trục ứng suất nén thay đổi từ sự định hướng á vĩ tuyến trong các hệ đứt gãy phía nam đến á kinh tuyến và TB-ĐN ở các đứt gãy phía bắc. Tương ứng với quy luật thay đổi ứng suất, các phá huỷ địa chấn thay đổi từ cơ chế trượt bằng phải sang các cơ chế trượt bằng trái và chồm nghịch.

Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ của chương trình nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực khoa học tự nhiên.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.G. KULINIC et al, 1989 : Tiến hoá vỏ Trái Đất trong Kainozoi và nguyên nhân kiến tạo Đông Nam Á , NXB khoa học Moskva (Nga văn).
- [2] NGUYỄN VĂN LUƠNG, BÙI CÔNG QUẾ, 1997 : Đặc điểm trường ứng suất kiến tạo khu vực Biển Đông và kế cận, Tạp chí CKH và ĐĐ, T.19, 1, 30 - 38. Hà Nội.
- [3] NGUYEN VAN LUONG et al, 1998 : The seismicity in the east Sea and adjacent areas ; Contribution of Marine Geology and Geophysics, Scien. Tech. Pub. Hous, Hanoi.
- [4] NGUYỄN VĂN LUƠNG và nnk, 2002 : Những kết quả thành lập danh mục cơ cấu chấn tiêu động

đất khu vực Biển Đông. Các công trình Nghiên cứu Địa chất - Địa vật lý Biển. T. VII, 51-61.

[5] NGUYỄN VĂN LUƠNG và nnk, 2003 : Đặc điểm các hệ đứt gãy sinh chấn khu vực Biển Đông. Tc CKHVTD, 25, 1, 1-8.

[6] 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 KHCN-06-12, Chương trình nghiên cứu biển, Hà Nội .

[7] PHẠM VĂN THỰC và nnk, 2003 : Phân vùng động đất khu vực Biển Đông Việt Nam và ven bờ, Báo cáo tổng kết chuyên mục, Đề tài KC-09-09 năm 2003.

[8] Bulletin of the International Seismological Centre Database Access Program ;The search will be for events between 01-01-1904 and 01-06-2000 and within latitude 4.5 to 23.5 and longitude 100° E to 121° E

#### SUMMARY

##### Seismo-dynamic characteristics of the Eastern marginal region of the East Sea

In this paper, some spacial distribution characteristics of seismic epicenters and tectonic stress field in the east margin of the East Sea have been analysed on the base of seismic, focal mechanism and tectonic-structural data. It is shown that, maximum values of epicenter density of greater than 3-4 to 8-10 (amount of epicenters in an area of 100km<sup>2</sup>) distribute along the spreading direction of Manila benniof zone and regional active fault systems of Northeast of the East Sea, Southwest Luzon Island and North Manila. The regional tectonic stress field is characterized by nearly horizontal, sub-latitudinal compressive and irregularly varied tensional axes. In such a stress field, seismic breaks of thrust dip-slip type are predominant in Manila benniof zone, while most faulting mechanisms in Northeast of the East Sea, Southwest Luzon Island and North Manila faults are of right and left lateral strike-slip types. Normal dip-slip faulting mechanism present at some places in the Manila benniof and Northeast of the East Sea fault systems in the depths of about 10-15 km and 30-35 km. They are resulted in deformation processes of tensional-divergent type between geoblocks in the Earth crust.

Ngày nhận bài : 10-11-2003

Phân viện Hải dương học Hà Nội