

中国及邻区现代构造应力场的区域特征*

鄢家全、时振梁、汪素云、环文林

(国家地震局地球物理研究所)

摘 要

本文根据我国及邻区 40 年来 (1937—1977 年) 173 次浅源地震的断层面解结果以及其他资料, 讨论了我国及邻区普遍存在着的以水平压应力为特征的现代构造应力场。其区域特征表现为: (1) 华南地区以北西西走向的水平压应力为主; (2) 华北以及朝鲜和西南日本是以北东东走向的水平压应力和北北西走向的水平张应力为其特点; (3) 青藏高原的大部分直到蒙古西部均处在近南北到北东走向的水平压应力作用之下, 兰州—察隅一线以东的压应力呈现规则的向东南偏转。西天山地区具有北西向压应力。我国大陆板块内部的现代构造应力场与周围岩石圈板块运动和上地幔的物质运动有关。

一、方法和资料

对于现代构造应力场的研究, 目前主要依靠对断层面解的分析。由许多断层面解得到的等效应力场的统计结果, 可以认为即代表了该区域的构造应力场^[1]。本文对我国及邻区 40 年来 (1937—1977) 的大量地震资料进行统一处理, 在求解过程中, 优先考虑较近的台站和国内外记录质量较好的台站。限于本文研究的目的, 我们只选用结果较好的浅源构造地震, 并尽量选用 6 级以上的大地震, 有主震结果的就不用余震。这样, 我们一共选取了 173 个断层面解结果, 其中用了国外作者的 24 个断层面解结果, 一同列于下表中 (表 1)。同时列出典型的断层面解图 (图 1)。以此为基础, 讨论我国及邻区现代构造应力场的区域特征。

二、现代构造应力场的区域特征

根据表 1 的数据, 绘制了我国及邻区浅源地震主压应力轴的水平投影分布图 (图 2)。由图 2 可以看出, 我国及邻区主压应力轴走向具有明显的区域特征, 大致以东经 105 度为界, 东部以近东西走向为主, 西部的大部分地区以近南北走向为主, 现分述如下:

1. 华南地区 秦岭、大别山以南包括台湾省及其以东海域。图 3_(a) 给出了这一地区主压应力轴和主张应力轴的上半球出地点。可以看到, 整个台湾省除 1964 年台南地震 (29)¹⁾ 的主压应力轴为北东东外, 其余均为北西西方向, 这里 10 个地震中有 8 个地震的主

* 1978 年 5 月 6 日收到。

1) 括号内数字为附表和图 3 的地震编号, 以下同。

表 1 中国及邻区地震断层面解

№	发震时间 年. 月. 日	震 源 位 置			M	A 节面		B 节面		P 轴		T 轴 走向 仰角	备注 精度
		$\varphi(N)$	$\lambda(E)$	$h(km)$		走向	倾向 倾角	走向	倾向 倾角	走向	倾向 倾角		
1	1937.8.1	35.2	115.3		7	132 NE	82	43 SE	80	87	13	177 2	C
2	1950.8.15	28.4	96.7		8 1/2	57 SE	75	139 NE	62	6	8	101 31	B
3	1951.12.27	39.6	95.7		6	95 SW	80	95 NE	10	6	35	186 55	B
4	1954.2.11	39.0	101.3	10	7 1/4	123 SW	70	123 NE	20	335	25	213 65	B
5	1954.7.31	38.8	104.2		7	52 NW	78	141 SW	88	7	7	276 10	B
6	1955.4.14	30.0	101.9		7 1/2	80 NW	75	165 SW	75	302	22	213 0	B
7	1955.6.7	26.5	101.1		6	17 SE	80	104 NE	75	330	4	62 18	B
8	1958.1.10	44.8	84.9	10	5.8	94 SW	60	180 E	85	229	15	134 23	B
9	1958.2.8	31.5	104.0	0	6.2	6 NW	45	6 SE	45	276	0	0 90	B
10	1959.11.15	38.8	75.3	40	6.4	95 NE	60	170 SW	65	44	3	312 40	C
11	1960.11.9	32.8	103.7	6	6 3/4	39 NW	70	127 SW	85	261	18	355 11	A
12	1961.4.14	39.9	77.8	20	6.8	64 SE	70	166 SW	60	297	6	203 36	B
13	1961.6.27	27.8	99.7	5	6.0	155 SW	20	155 NE	70	244	25	64 65	B
14	1961.12.4	33.4	95.3	0	5.9	84 SE	70	180 W	75	223	25	131 4	A
15	1962.2.27	27.6	101.9		5.5	351 NE	87	80 NW	65	302	15	38 19	B
16	1962.3.19	23.7	114.7	5	6.1	332 SW	88	62 NW	80	287	8	17 6	A
17	1962.5.21	37.1	96.0	25	6.8	92 SW	60	92 NE	30	3	15	183 75	B
18	1962.6.24	25.3	101.1	17	6.2	52 SE	15	52 NW	75	142	30	322 60	B
19	1962.8.1	39.2	98.6	25	5.4	134 SW	67	134 NE	23	44	22	224 68	B
20	1962.8.20	44.3	81.7	25	6.4	48 SE	30	48 NW	60	139	15	319 75	B
21	1962.11.26	39.9	77.4	49	5.7	3	90	93	90	318	0	228 0	A
22	1963.4.19	35.5	97.6	29	7.0	9 SE	85	99 NE	86	53	10	145 2	A
23	1963.4.23	25.8	99.5	20	6.0	74 NW	88	166 NE	85	30	5	120 2	B
24	1963.6.21	47.9	130.6	0	5.8	21 SE	80	108 NE	77	65	16	325 2	B
25	1963.8.29	39.8	74.2	51	6.5	47 SE	43	47 NW	47	137	2	317 88	B
26	1963.9.6	36.5	130.8	15	6.0	31 SE	70	119 NE	84	73	19	166 10	B
27	1963.9.7	36.5	130.8	38	6.0	23 SE	75	114 SW	85	68	7	160 15	B
28	1963.12.18	41.9	82.6	30	5.1	25 NW	62	120 NE	80	346	27	250 12	B
29	1964.1.18	23.2	120.6	15	7	295 NE	87	26 SE	80	70	8	160 5	B

30	1964.3.16	37.0	95.6	50	青海霍布逊湖	5.8	110	SW	75	110	NE	15	20	30	200	60	B
31	1964.5.8	40.6	139.2	16	日本海	6.5	8	NW	50	81	SE	70	318	12	218	43	B
32	1964.9.26	30.0	80.0	50	中、尼、印边境	6.2	125	SW	50	125	NE	40	35	5	215	85	B
33	1964.10.22	28.2	93.8	37	西藏米林	6.6	102	SW	85	102	NE	5	12	40	192	50	B
34	1964.11.26	25.0	122.0	20	台湾基隆	6.3	59	NW	75	130	SW	40	290	46	177	21	B
35	1965.1.12	27.5	87.9	23	中、尼边境	5.6	96	SW	80	96	NE	10	7	35	187	55	B
36	1965.1.13	35.1	111.6	10	山西垣曲	5.5	21	NW	65	100	SW	70	239	33	331	4	C
37	1965.4.27	21.1	120.7	0	台湾南部海中	6.0	170	SW	50	114	NE	56	326	58	232	4	A
38	1965.6.18	32.2	87.8	15	西藏达则错	5.8	14	NW	80	102	SW	80	238	14	330	1	A
39	1965.10.7	12.6	114.5	26	南沙群岛	5.7	99	SW	48	71	NW	45	355	5	264	76	B
40	1965.11.13	44.0	88.1	40	新疆乌鲁木齐	6.6	90	S	57	90	N	33	0	12	180	78	B
41	1966.2.5	26.2	103.2	5	云南东川	6.1/2	79	NW	88	168	SW	80	303	9	213	5	A
42	1966.3.6	31.4	80.5	50	西藏噶尔	6.6	19	NW	45	151	NE	56	5	63	263	7	B
43	1966.3.8	37.4	114.9	10	河北邢台	6.8	21	SE	75	114	SW	80	67	4	158	18	A(机)
44	1966.3.13	24.5	123.0	42	台湾东北	7.8	128	SW	80	128	NE	10	38	35	218	55	A
45	1966.3.22	37.5	115.1	9	河北邢台	7.2	19		90	109		90	44	0	334	0	B
46	1966.3.23	23.5	123.3	20	台湾东北	6.3	120	SW	80	30	SE	85	255	4	165	11	A
47	1966.6.27	29.7	80.9	33	西藏普兰	6.3	130	SW	50	130	NE	40	40	5	220	85	B
48	1966.6.27	29.7	81.0	36	西藏普兰	6.1/2	120	SW	85	300	NE	5	30	40	210	50	B
49	1966.7.1	24.8	122.5	20	台湾东北	6.1	67	NW	35	125	SW	70	15	20	255	50	B
50	1966.9.26	22.3	117.9	20	广东南海中	5.3	40	NW	70	132	NE	85	265	10	358	17	B
51	1966.9.26	27.5	92.7	20	西藏错那	5.7	123	SW	70	123	NE	20	33	25	213	65	B
52	1966.9.28	27.3	100.4	6	云南中甸	6.4	30	NW	53	153	NE	55	3	56	270	1	B
53	1966.10.14	36.8	87.5	14	新疆阿其库勒	6	80	NW	75	176	SW	80	43	3	312	16	B
54	1967.1.24	30.2	104.1	4	四川仁寿	5.5	63	SE	70	150	NE	80	105	22	198	6	B
55	1967.3.14	28.4	94.4	20	西藏米林	6.2	81	SE	74	81	NW	16	352	29	172	61	B
56	1967.3.27	38.5	116.5	30	河北河间	6.3	15	NW	61	287	NE	85	238	17	335	24	B(机)
57	1967.5.11	39.3	73.8	10	新疆乌恰	6.1/4	34	NW	75	120	SW	80	349	10	255	25	B
58	1967.5.28	36.1	77.7	28	新疆喀喇昆仑山口	5.9	78	NW	75	167	SW	85	33	09	301	16	A
59	1967.8.15	31.1	93.6	25	西藏比如	5.5	91	SW	52	91	NE	38	1	7	181	83	A
60	1967.8.20	45.5	80.4	21	新疆温泉	5.3	35	SE	30	35	NW	60	125	15	305	75	B
61	1967.8.30	31.6	100.3	8	四川甘孜	6.8	32	SE	45	65	NW	50	38	77	135	2	B

表 1 (续)

№	发震时间 年. 月. 日	震 源 位 置			M	A 节面		B 节面		P 轴		T 轴		备注 精度
		$\varphi(N)$	$\lambda(E)$	$h(km)$		走向	倾向	走向	倾向	走向	仰角	走向	仰角	
62	1967.9.15	27.6	92.0	19	5.5	82	SE 75	82	NW 15	352	30	172	60	A
63	1967.10.25	25.0	122.7	20	6 1/2	358	SW 65	72	SE 60	124	3	216	40	A
64	1967.12.18	36.5	110.8	30	5.4	172	NE 80	80	NW 72	37	21	305	6	C
65	1968.2.26	22.7	121.5	20	6.8	50	NW 60	50	SE 30	140	15	320	75	A
66	1968.3.3	29.9	100.2	31	5.7	45	SE 25	45	NW 65	135	20	315	70	B
67	1968.12.22	36.2	101.9	21	5.4	124	NE 70	140	SW 21	219	25	25	65	A
68	1969.2.12	41.5	79.3	16	6.5	54	SE 50	54	NW 40	324	5	144	85	B
69	1969.7.18	38.2	119.4	35	7.4	24	SE 85	115	SW 80	249	3	159	11	A
70	1969.7.26	21.7	111.7	5	6.4	74	NW 75	157	SW 66	297	28	204	6	B
71	1970.1.5	24.0	102.7	13	7.7	29	NW 77	111	NE 78	335	19	244	1	A
72	1970.2.19	27.6	94.1	12	6.1	164	NE 60	90	S 64	35	2	127	41	B
73	1970.2.24	30.6	103.2	15	6.2	21	SE 50	65	NW 50	132	0	42	67	A
74	1970.6.5	42.7	78.8	32	6.8	105	NE 65	105	SW 25	195	20	15	70	B
75	1970.7.29	26.0	95.6	57	6.4	89	NW 75	173	SW 70	220	3	312	25	A
76	1970.9.5	32.1	101.3	20	5.5	36	NW 83	128	NE 75	82	5	350	16	B
77	1970.12.3	35.9	105.6	15	5.1	9	SE 74	115	SW 44	250	19	142	44	B
78	1971.3.23	41.4	79.3	12	6.0	48	SE 52	48	NW 38	318	7	138	83	B
79	1971.3.24	35.5	98.0	13	6.8	164	SW 30	164	NE 60	254	15	74	75	B
80	1971.4.3	32.2	95.1	20	6.3	91	NE 85	179	SW 80	225	3	315	9	A
81	1971.4.28	22.9	101.0	15	6.7	116	NE 50	178	SW 62	59	8	320	52	B
82	1971.5.23	32.5	92.3	20	6.5	60	NW 75	156	NE 70	18	25	109	3	B
83	1971.5.26	31.2	131.7	40	6.2	150	SW 45	150	NE 45	60	0	0	90	B
84	1971.5.30	25.1	96.4	15	6.4	36	SE 75	128	SW 85	81	7	173	14	B
85	1971.5.31	25.2	96.5	22	6.3	15	SE 75	104	NE 85	58	14	150	7	B
86	1971.6.14	56.2	123.6	15	6.2	19	SE 80	107	NE 80	63	15	153	0	B
87	1971.8.17	28.9	103.8	33	5.7	25	SE 50	25	NW 40	295	5	115	85	B
88	1971.8.25	52.2	91.4	20	6.0	56	NW 65	118	SW 45	176	10	280	57	B
89	1971.9.6	46.5	141.2	14	7.2	122	NE 25	122	SW 65	33	20	213	70	B
90	1972.1.8	20.9	120.1	25	6.7	31	NW 47	162	NE 55	14	64	274	5	B
91	1972.1.16	40.2	79.0	9	6.2	33	NW 75	124	NE 85	349	14	257	8	B

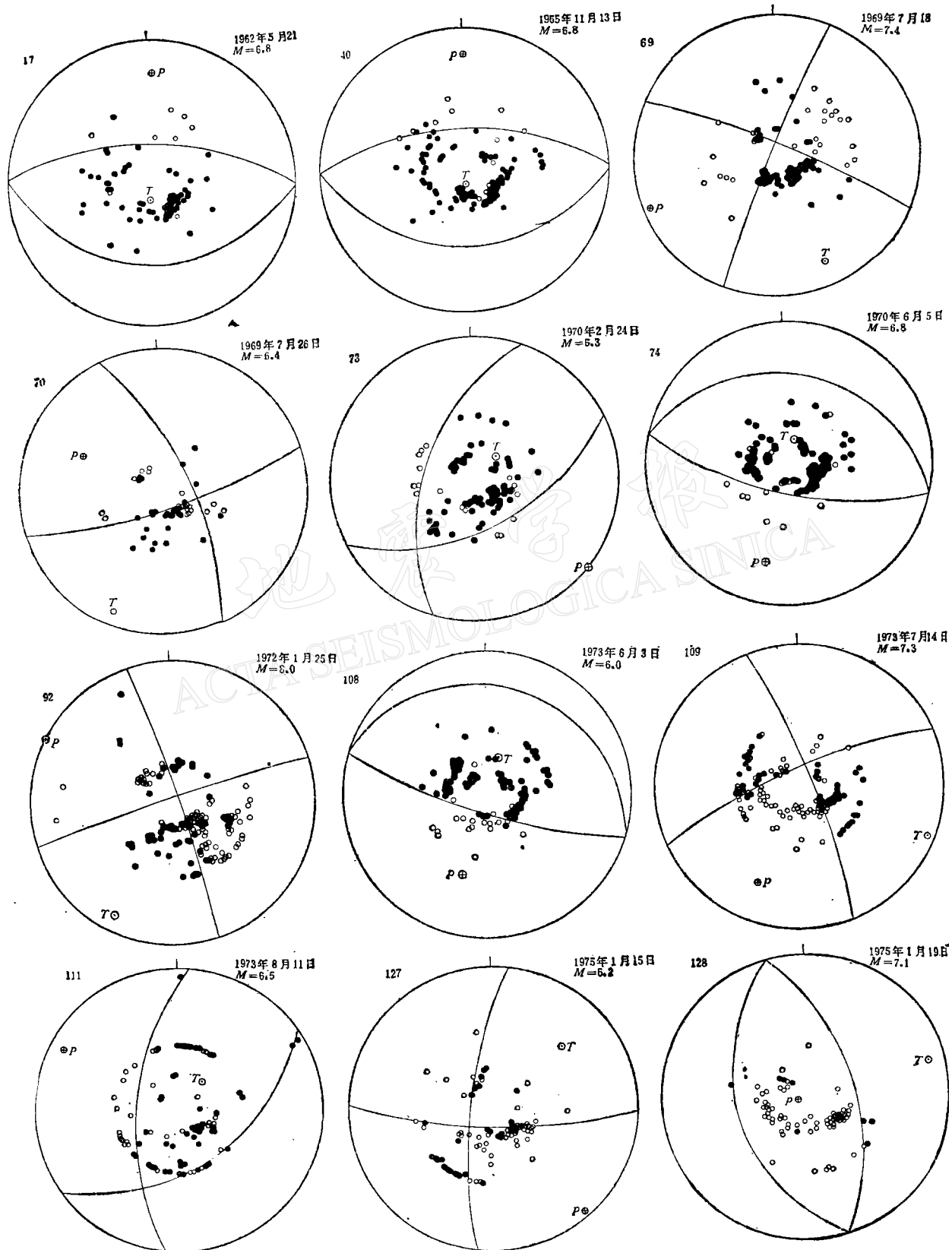
92	1972.1.25	22.6	122.3	29	台湾火烧岛	8.0	163	SW	85	73	SE	85	298	0	208	7	A
93	1972.2.27	50.6	97.3	33	苏蒙边境	5.8	169	SW	60	95	NE	65	221	3	313	41	B
94	1972.4.9	42.3	84.8	21	新疆轮台	5.6	87	SE	60	139	NE	44	20	9	127	61	B
95	1972.4.24	23.7	121.5	9	台湾花蓮	7.3	3	SE	40	3	NW	50	93	5	273	85	B
96	1972.5.22	16.6	122.2	36	巴林海峽	6.8	42	SE	60	42	NW	30	312	15	132	75	B
97	1972.6.13	54.8	126.4	15	黑龙江北	5.9	13	SE	80	99	NE	75	57	17	326	4	C
98	1972.7.7	20.5	98.1	27	缅甸	5.7	356	SW	55	109	NE	60	231	3	325	49	B
99	1972.7.23	31.5	91.7	15	西藏那曲	6.0	66	NW	60	138	SW	60	191	1	281	45	B
100	1972.8.31	52.4	95.3	21	苏蒙边境	5.6	86	NW	65	147	SW	45	202	12	309	54	B
101	1972.9.4	35.9	73.4	23	克什米尔	6.5	80	SE	70	144	NE	40	15	17	127	50	B
102	1972.9.23	22.3	121.1	26	台湾东南海中	6.6	10	NW	35	86	SE	70	325	13	225	35	B
103	1972.11.8	23.9	121.6	36	台湾花蓮	6.6	37	SE	50	37	NW	40	307	5	127	85	B
104	1972.11.10	23.8	121.6	22	台湾花蓮	6.3	10	NW	40	66	SE	65	313	14	201	57	B
105	1973.2.6	31.4	100.6	17	四川炉霍	7.9	33	NW	85	124	NE	88	258	2	348	4	A
106	1973.3.11	31.4	116.2	5	安徽霍山	4.5	68	SE	79	144	NE	42	120	37	12	24	安庆地震队
107	1973.3.24	29.3	130.4	34	琉球群岛	6.0	41	NW	20	41	SE	70	320	25	140	65	
108	1973.6.3	44.3	83.3	12	新疆精河	6.0	107	NE	75	107	SW	15	197	30	17	60	
109	1973.7.14	35.3	86.5	22	西藏约基台错	7.3	68	SE	75	160	SW	80	204	18	113	4	A
110	1973.8.2	27.9	104.6	26	云南威信	5.4	18	NW	75	107	SW	85	333	7	241	14	B
111	1973.8.11	32.9	104.0	8	四川南坪	6.5	6	SE	57	56	NW	45	299	5	40	60	B
112	1973.8.16	22.9	101.1	10	云南普洱	6.3	150	NE	45	150	SW	45	0	90	240	0	B
113	1973.9.8	33.4	86.9	11	西藏沙里	6.0	40	SE	85	130	SW	83	174	8	264	1	B
114	1973.10.16	28.4	83.0	34	尼泊尔	5.1	93	NE	55	93	SW	35	183	10	3	80	B
115	1973.11.29	33.0	111.6	4	湖北丹江口	4.3	328	NE	68	50	NW	70	99	2	9	30	湖北地震队
116	1974.2.3	19.0	120.1	30	台湾南部海中	5.9	58	NW	63	165	NE	60	21	42	112	2	
117	1974.3.23	49.9	90.9	16	苏蒙边境	5.4	105	SW	62	171	NE	53	47	5	142	49	
118	1974.3.24	27.9	86.2	18	中尼边境	6.1	72	NW	10	72	SE	80	342	35	162	55	B
119	1974.4.22	31.4	119.3	18	江苏溧阳	5.5	15	SE	55	93	NE	75	47	36	147	13	B
120	1974.5.11	28.2	104.1	14	云南昭通	7.1	138	NE	87	47	NW	85	272	1	2	6	A
121	1974.5.18	25.1	125.6	20	琉球群岛	5.8	35	NW	40	168	NE	60	32	63	278	11	B
122	1974.6.22	56.4	117.4	5	黑龙江北	5.4	66	NW	68	66	SE	22	336	67	156	23	C
123	1974.7.5	45.0	94.1	15	阿尔泰山	7.1	170		90	80	SE	85	216	4	126	4	A

表 1 (续)

№	发震时间 年、月、日	震 源 位 置			M	A 节面 走向 倾向 倾角	B 节面 走向 倾向 倾角	P 轴 走向 仰角	T 轴 走向 仰角	备注 精度
		$\varphi(N)$	$\lambda(E)$	h(km)						
124	1974.8.11	39.4	73.8	7	7.3	117 90	27 90	162 0	72 0	A
125	1974.12.18	48.3	103.4	36	5.7	92 SW 82	92 NE 8	2 37	182 53	B
126	1974.12.28	35.0	72.9	45	6.2	118 NE 37	118 SW 53	28 8	208 82	A
127	1975.1.15	29.4	101.8	29	6.2	7 SE 72	92 NE 75	139 2	48 24	B
128	1975.1.19	32.4	78.6	36	6.9	170 SW 53	170 NE 37	255 82	75 8	B
129	1975.1.23	33.0	131.6	17	6.0	40 NW 85	129 SW 85	265 7	175 0	A
130	1975.2.4	40.7	122.8	12	7.3	290 NE 81	23 SE 75	66 18	157 4	A
131	1975.3.31	46.7	91.5	0	5.9	137 SW 37	137 NE 53	228 8	48 82	A
132	1975.4.28	36.0	79.9	0	6.1	1 NW 80	93 NE 84	227 2	317 10	B
133	1975.5.5	33.1	92.8	12	6.4	115 SW 69	115 NE 21	25 24	205 66	B
134	1975.5.31	26.7	97.0	30	6.4	116 SW 85	116 NE 5	26 40	206 50	B
135	1975.6.4	36.2	80.1	45	6.1	93 SW 80	6 NW 77	230 28	136 8	B
136	1976.1.10	42.5	83.2	33	5.8	108 SW 70	108 NE 20	18 25	198 65	B
137	1976.4.1	51.1	98.0	33	6.1	97 SW 80	5 SE 80	227 2	136 13	B
138	1976.4.6	40.1	112.1	18	6.3	29 NW 75	123 NE 75	75 1	346 22	A
139	1976.4.8	40.5	63.5	33	7.1	96 NE 60	96 SW 30	186 15	6 75	B
140	1976.5.29	24.5	98.7	20	7.6	52 NW 82	142 90	7 6	277 6	B
141	1976.7.28	39.6	118.2	16	7.8	25 90	115 NE 80	71 7	340 7	A
142	1976.8.13	26.6	97.0	27	6.2	0 E 75	0 W 15	270 30	90 60	A
143	1976.8.16	32.7	104.2	16	7.2	5 SE 45	5 NW 45	95 0	275 90	A
144	1976.8.23	32.5	104.2	19	7.2	1 NW 55	8 SE 35	93 10	258 80	A
145	1976.9.23	40.1	106.4	29	6.2	79 SE 68	163 NE 73	211 3	119 29	B
146	1976.12.13	27.3	101.2	17	6.4	19 SE 73	106 NE 80	153 5	61 20	A
147	1976.12.15	28.3	130.7	41	6.9	138 SW 55	84 NW 50	287 60	22 3	B
148	1977.1.2	38.3	91.0	16	6.4	112 SW 81	112 NE 9	22 36	202 54	B
149	1977.1.19	37.5	95.5	33	6.3	122 NE 35	122 SW 55	32 10	212 80	B

以下为国外作者的结果

150	1931.9.21	36.6	139.1	15	日本关东	7.0	10	90	100	90	235	0	325	0	(来源)
151	1934.8.18	35.4	137.0	10	日本中部	6.2	50	90	140	90	275	0	185	0	文献[6]
152	1938.5.29	43.4	144.2	20	日本北海道	6.0	137	90	47	90	92	0	182	0	文献[6]
153	1939.5.1	39.6	139.5	10	日本本州北部	7.0	61	90	151	90	106	0	196	0	文献[6]
154	1940.8.1	44.6	139.8	33	日本海北部	7.0	0 E	46	145 SW	46	74	2	164	72	文献[19]
155	1941.7.15	36.4	138.1	10	日本中部	6.2	131	90	41	90	86	0	176	0	文献[6]
156	1943.9.10	35.3	134.1	10	日本鸟取	7.4	71	90	161	90	116	0	206	0	文献[6]
157	1945.1.13	34.8	137.1	6	日本名古屋	7.1	0 W	30	150 NE	74	251	18	32	68	文献[5]
158	1955.7.27	33.5	134.2	10	日本四国岛	6.0	36	90	126	90	81	0	171	0	文献[6]
159	1957.7.1	24.4	93.7	41	那加山	6.0	162 NE	69	82 SE	65	213	3	131	33	文献[14]
160	1957.12.4	45.1	99.4	0	戈壁阿尔泰	8	109 SW	50	165 NE	60	230	5	130	55	文献[15]
161	1959.8.29	52.6	107.1	0	贝加尔湖	6 1/2	71 NW	50	34 SE	47	52	83	132	3	文献[16]
162	1960.12.3	43 1/2	104 1/2	0	戈壁阿尔泰	7 1/4	96 N	83	1 E	65	42	24	136	12	文献[16]
163	1964.2.28	18.3	94.4	46	阿拉干山	5.4	33 SE	89	123 SW	79	259	7	168	8	文献[14]
164	1965.2.18	25.0	94.2	45	那加山	5.4	0 E	70	82 NW	70	41	29	131	0	文献[14]
165	1965.4.20	34.5	138.2	20	日本骏河湾	6.1	141	90	51	90	6	0	96	0	文献[6]
166	1965.10.18	42.0	77.6	12	苏联伊塞克湖	5	85 SE	60	76 NW	30	351	15	220	83	文献[7]
167	1968.2.11	34.2	78.7	24	西藏班公湖	5.1	136 NE	76	43 SE	64	177	8	81	28	文献[7]
168	1967.2.21	33.7	75.4	41	克什米尔	5.1	110 NE	30	110 SW	60	10	15	190	75	文献[17]
169	1968.5.16	40.4	143.4	0	日本东部海中	7.9	60 NW	80	121 SW	20	310	52	165	33	文献[6]
170	1968.8.3	25.6	128.4	19	琉球群岛	6.5	77 NW	33	24 SE	68	76	58	313	20	文献[18]
171	1968.11.12	27.5	128.4	30	琉球群岛	5.7	41 NW	30	41 SE	60	311	14	131	75	文献[18]
172	1969.12.31	28.5	129.1	30	琉球群岛	5.8	55 NW	46	76 SE	46	238	80	335	0	文献[18]
173	1975.4.21	33.2	131.3	15	日本九州	6.4	54 NW	56	110 SW	50	266	58	171	4	文献[5]



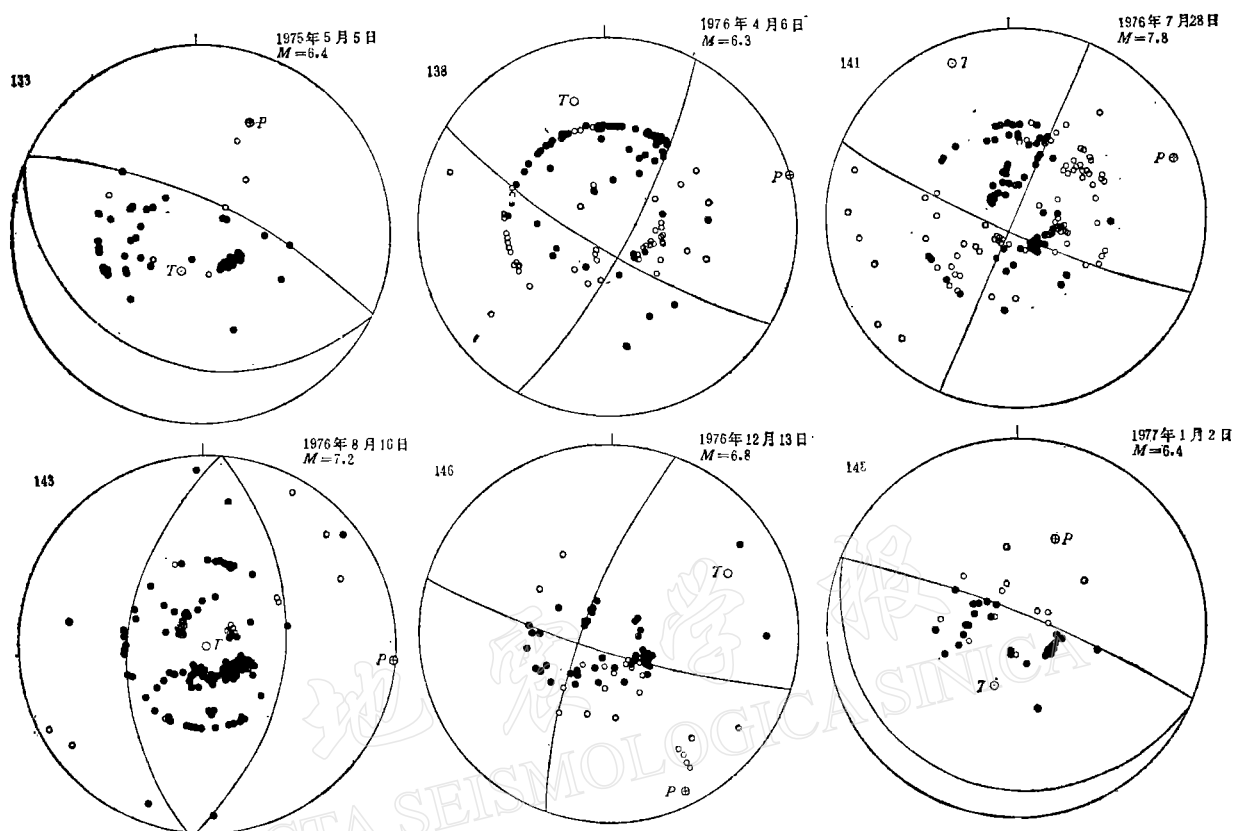


图 1 典型的断层面解图

○ 初动为负 ● 初动为正

压应力轴与水平面的夹角小于20度,只有两个地震的主压应力轴与水平面的夹角大于45度,因此可以认为,台湾地区的构造应力场是北西西-南东东方向的水平压应力场。图3(a)中广东省1962年河沉6.2级地震(16),1969年阳江6.4级地震(70)和1966年汕头东海里的5.3级地震(50)是东南沿海仅有的能作断层面解的地震,它们同台湾省地区压应力轴的一致性,说明了东南沿海地区的现代构造应力场同台湾省地区是一样的。有意思的是,从秦岭和大别山区仅有的二个中等强度地震(106,115)的结果来看,它们所显示的压应力场也同台湾省地区一致。这就说明,在我国境内,秦岭、大别山以南包括台湾省在内的整个华南地区,均可能处在以北西西-南东东方向的水平压应力为代表的现代构造应力场中。

2. 华北地区 近年来,在秦岭、大别山以北的华北地区,强地震频繁发生,自1966年邢台发生6.8级和7.2级地震之后,相继发生了1967年河北河间6.3级地震,1969年渤海7.4级地震,1975年海城7.3级地震,1976年内蒙和林格尔6.3级地震和唐山7.8级地震等。由图2便可以看出,这一系列强烈地震所显示的主压应力轴的产状是非常一致的。由图3(b)也可以看出,华北地区近年来所发生的地震,特别是几个7级左右的大地震,不但主压应力轴走向非常一致,即均为北东东-南西西方向(北东70度左右)、同水平面的夹角都小于20度,而且,张应力轴的走向和仰角也都很一致。国家地震局地震测量队^[2]

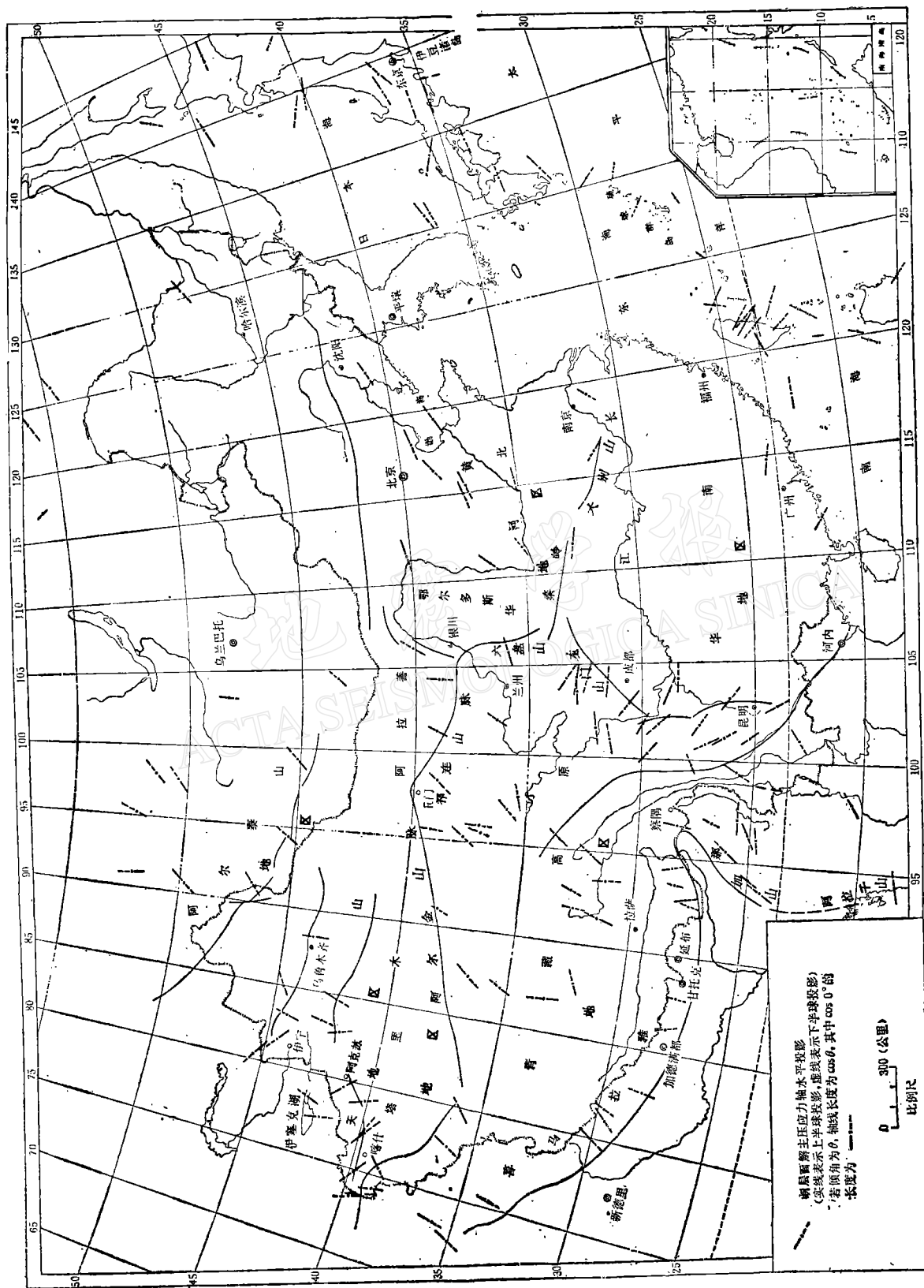


图 2 中国及邻区地震主压应力轴分布图

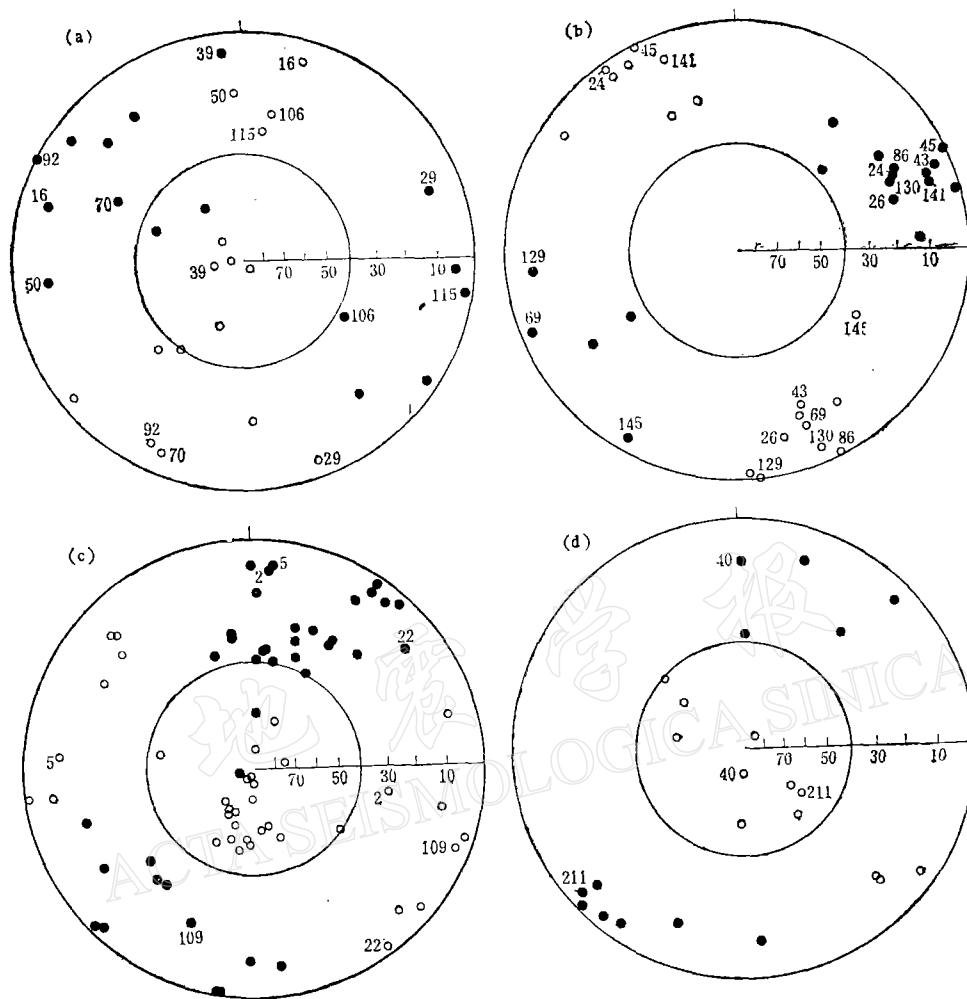


图 3 主应力轴上半球出地点综合图

● 主压应力轴 ○ 主张应力轴

(a)——华南地区 (b)——华北地区

(c)——兰州察隅一线以西的青藏高原地区 (d)——东经 85° 以东的天山阿尔泰地区

根据 1975 年海城地震前后的三角边长测量资料,推算出引起震源区地面水平形变的压应力轴走向和剪切破裂面在地面投影的走向,同主震的断层面解结果^[3]以及余震的平均结果^[4]也是一致的。(见表 2)

表 2

	P 轴	T 轴	节面 I	节面 II
大地测量	74°	164°	299°	209°
主震结果	66°	157°	290°	203°
余震的平均结果	70°	164°	297°	210°

华北地区现代构造应力场的一致性,从大约一千年以来的历史地震的研究中也表现

得很清楚。许忠淮¹⁾等分别研究了华北地区历史地震极震区长轴走向特征,得到了北北东走向和北西西走向的两组优势破裂面,许忠淮将两组优势破裂面作为共轭断层带,计算了共轭面和等效压应力轴的平均走向,见表 3。这一结果和表 1 中的华北地区(包括朝鲜半岛)十个大于 6 级的地震的平均结果是十分接近的。然而,这个应力场的作用范围,远远

表 3

	节面 I	节面 II	P 轴	T 轴
10 次地震 ($M \geq 6$) 的平均结果	25°	146°	70°	161°
26 次历史地震 ($M \geq 6$) 的平均结果	30°	104°	67°	

超过了华北地区的地理范围。由图 2、图 3(b) 看到,朝鲜半岛东侧 1963 年的两个 6 级地震(26、27),和西南日本浅源大地震的结果^[5,6]表明,西南日本、朝鲜同样存在一组和华北地区相一致的北东东-南西西走向的主压应力分布。这么大范围的应力场的一致性,绝不能认为是偶然的巧合,只能说明,包括华北、朝鲜半岛和西南日本在内的整个地台区,同时都处在一个以北东东-南西西走向的水平压应力和北北西-南南东走向的水平张应力为特征的现代构造应力场中。

3. 青藏高原地区 包括喜马拉雅山、横断山、阿尔金山、祁连山、龙门山以及云南东部的滇东断裂带所在的广大地区。它是世界上大陆内部现代构造运动最活跃的地区之一。从图 2 可以看出,在兰州—察隅一线以西,主压应力轴的走向相当一致。图 3(c) 给出这地区包括 1954 年甘肃山丹地震(4)和民勤地震(5)在内的 38 个地震的主压应力轴和主张应力轴的上半球出地点。从图中可以清楚地看出,这一地区主压应力轴的走向几乎毫无例外地分布在正南北到北东—南西的范围内。而且,主压应力轴同水平面的夹角绝大多数均小于 40 度,张应力轴的一致性就远不如压应力轴好。

兰州—察隅以东的青藏高原东侧,主压应力方向发生了明显的有规律的变化,自北向南逐渐转变,从六盘山的西吉地震(77)为北东东方向,龙门山北段(110、143、144)转为近东西,到龙门山南段(9、73)转为南东东方向,直到安宁河、小江断裂和红河断裂之间为南南东向的水平压应力。但是红河断裂西南侧,包括缅甸北部地区在内的广大地区,均表现为北东-南西向的水平压应力。

4. 天山、阿尔泰地区 由图 2 看出,这一广大地域的压应力轴分布图象是比较复杂的。帕米尔地区有 10 个断层面解结果(其中包括 1976 年 4 月乌兹别克 7 级地震),其主压应力轴走向均为近南北,其中有 9 个地震的主压应力轴同水平面的夹角小于 20 度。而且在帕米尔北边的伊塞克湖附近发生的地震也具有同样的特征^[7]。从帕米尔至乌鲁木齐以东的天山地区,主压应力轴的走向有二组,一组为北北东或近南北方向,它们与青藏高原的大多数主压应力方向一致;另一组即伊宁北部的二个地震和喀什、阿克苏一带的四个地震的压应力轴为北西方向,而东经 85 度以东的天山、阿尔泰地区,仍以南北到北东-南西走向的水平压应力为主(图 3(d))。这表明,从喜马拉雅山经阿尔金山和祁连山直到蒙

1) 尚待发表

古西部,纵长达 3000 公里的广大地域,均处在一个以正南北到北东-南西走向的水平压应力为代表的现代构造应力场中。

三、关于力源的讨论

现代构造应力场在广大区域内分布的一致性,显然是受到某种构造因素控制的。我们试从周围几个活动板块对我国所在大陆板块的作用、以及地幔物质运动和板内应力分布关系两方面作粗浅讨论。

1. 板块运动和板内应力场 我国及邻区的现代构造运动是同周围几个岩石圈板块的联合作用分不开的(图 4)。西部地区主要是受到印度洋板块运动的影响。始新世后,印度次大陆作为印度洋板块的前锋,同欧亚板块发生了剧烈的碰撞,从而引起了我国西部地区,特别是青藏高原地区的强烈构造活动。首先造成了兰州—察隅一线以西的青藏高原上近南北到北东走向的水平压应力,高原地壳物质在沿受力方向发生短缩和推移的同时,还可能出现横向的推移。随着横向推移方向的改变,使青藏高原东缘主压应力的走向产生了规则性变化。这种碰撞挤压作用,还可能进一步越过塔里木地块和阿拉善地块,影响到天山和阿尔泰地区,形成了从喜马拉雅山到蒙古西部,纵长达 3000 公里的主压应力轴走向的一致性。印度洋板块在那加山和阿拉干山一带的侧向挤压作用,引起了从那加山和阿拉干山到金沙江—红河断裂带之间的北北东到北东向的水平压应力场。

我国华南地区与菲律宾海板块相毗邻,台湾省东部的纵谷一带是两个板块的接触地带^[6],目前菲律宾海板块正向北西西方向运移^[9],发生在菲律宾海板块内的地震(92、64),其主压应力方向均为北西西向,这同菲律宾海板块的运动方向是一致的。菲律宾海板块的运动还影响到华南地区,华南地区的构造运动明显地由东向西逐渐衰减。这说明了在菲律宾海板块的作用下,形成了我国华南地区一致的北西西走向的水平压应力。

华北地区与朝鲜半岛、西南日本构造应力场的一致性,可能与其东部毗邻的太平洋板块的运动有关。西北太平洋板块内地震的压应力是北东东-南西西方向^[10],这同西北太平洋板块边缘最新形成的、活动强烈的北北西向伊豆—小笠原俯冲带的俯冲方向相一致。在日本本州中部相模湾断裂附近,存在着一个横截岛弧的北北西走向的地壳增厚带和同方向的地形隆起带^[11]等现象,说明太平洋板块可能对西南日本产生一组南西西方向的压应力,这个应力场可能通过西南日本和朝鲜半岛影响到华北地区。

另一方面,青藏高原东北缘六盘山褶皱带现代构造运动依然十分强烈,这里的主压应力方向(77)也是北东东向,说明了印度洋板块通过次大陆对欧亚板块的作用,还可能通过六盘山褶皱带直抵华北地区,这个力同来自太平洋板块的北东东-南西西向的力共同作用,组成了现今华北、朝鲜及西南日本的现代构造应力场。

2. 地幔物质运动和板内应力分布 随着地球科学的发展,人们越来越认识到地球表面的构造运动,不但受到地壳和岩石圈构造活动的制约,而且和岩石圈下面的地幔物质运动,特别是软流圈物质的运动有关系。

最近,国外利用卫星重力场资料对地幔软流圈中物质的性质和流动的可能性及其机制制作了一些讨论,认为卫星观测所得的异常重力场,主要来源于地幔物质密度差异,并提

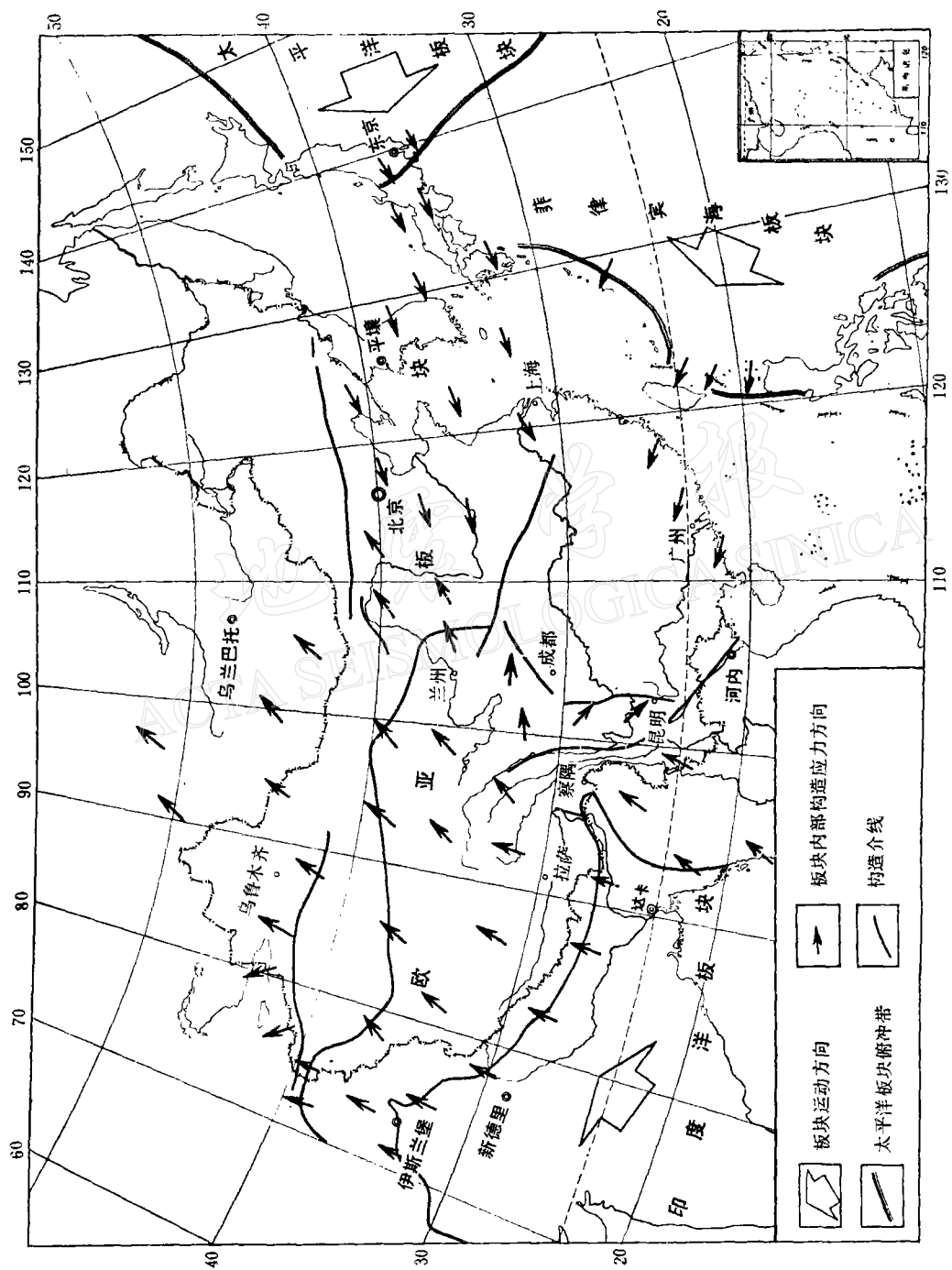


图 4 板块运动和板内构造应力场

出重力正异常同新生代造山带、深海沟,即大致同向下对流所产生的构造带相对应。莫伯利 (Moberly) 认为负异常可能表示软流圈的运动部分^[12]。

1971 年加波希金 (Gaposchkin) 发表了全球重力异常分布图^[13], 我们取其有关我国及邻区部分(图 5)进行定性分析, 图中标出二条正异常带, 一条大致以北北西方向从伊豆一小笠原俯冲带经日本海伸展到我国东北部; 另一条大致在台湾、菲律宾到印度尼西亚。青藏高原的新生代造山带也是正异常区。我国大陆地区大都是负异常重力区, 纵贯我国中、东部的一条负异常带, 从蒙古西部的北西方向到我国中部转折成北东方向, 这转折部位恰好在秦岭、大别山一带。青藏高原地区是负异常重力场转为正异常的地区, 异常区分布形状大体和这个地区大地构造单元相符。

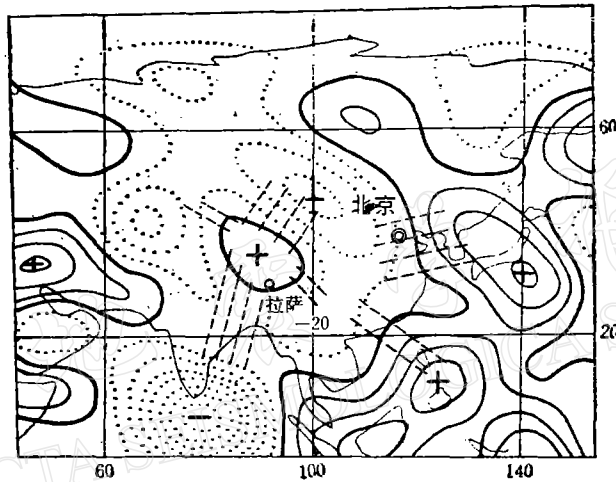


图 5 自由——空气卫星重力异常

虽然我们还不能确认卫星重力异常分布的全部含义,但如上所述,图 5 中的重力异常等值线大概代表着 100—400 公里地幔物质的密度差。如果是这样,地幔中的物质必定是在正、负异常带间沿着异常梯度最大的地方流动。图 5 中我们用细节线大致地标出各地区地幔上部物质流动的轨迹,当我们将它同图 2 对比时,立刻可以发现,我国及邻区主压应力轴水平投影的总体方向与地幔上部物质流动轨迹的走向一致。在如此广大地域内,而且各地差异又很大的情况下,这种一致性是值得注意的。它可能说明了大陆板块内部构造应力场的来源也与上地幔物质的运动有关。由于大陆板块下部地幔物质存在着不同的密度区,这种不同密度区之间的局部对流调整,对上部岩石圈板块所产生的粘性拖曳作用,引起了大陆内部复杂的构造应力场。

参 考 文 献

- [1] N. Yamakawa, Stress field in focal region, *J. Geophys. Res.*, 19, 4, 347—353, 1971.
- [2] 国家地震局地震测量队, 海城 7.3 级地震的地形变, *地球物理学报*, 20, 4, 251—263, 1977.
- [3] 顾浩鼎 陈运泰等, 1975 年 2 月 4 日辽宁海城地震的震源机制, *地球物理学报*, 19, 4, 270—284, 1976.
- [4] 吴开统、岳明生等, 海城地震序列的特征, *地球物理学报*, 19, 2, 95—117, 1976.
- [5] K. Shions, Focal mechanisms of major earthquakes in Southwest Japan and their significance, *J. Phys. Earth*, 25, 1, 1—26, 1977.
- [6] M. Ichikawa, Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan

- and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1929—1968. *The Geophys. Magazine*, 35, 3, 207—273 1971.
- [7] Е. М. Широкова, Детальное изучение напряжений и разрывов в очагах землетрясений Средней Азии, *Физика Земли*, № 11 22—36, 1974.
- [8] Mring-Tung Hsu, Seismicity of Taiwan and some related problems, *Bull of the International Institute of Seism. and Earthq. Engin*, 8, 41—161, 1971.
- [9] T. Sens, The instantaneous rotation vector of the Philippine sea plate relative to Eurasian plate, *Tectonophysics* 42, 2—4, 209—226, 1977.
- [10] L. R. Sykes, M. L. Sbar, Intraplate earthquakes, Lithospheric stresses and the driving mechanism of plate tectonics, *Nature*, 245 (5424) 298—302, 1973.
- [11] A. Sugimura, S. Uyeda, Island area Japan and its environs, Elsevier scientific publishing co, 1973.
- [12] R. Moberly, M. A. Khan, Interpretation of the sources of the Satellite-determined gravity field, *Nature* 223 (5203), 263—267, 1969.
- [13] E. M. Gaposchkin and K. Lambeck, Earth's gravity field to the sixteenth degree and station coordinated from satellite and terrestrial data, *J. Geophys. Res.*, 76, 20, 4855—4883, 1971.
- [14] M. Ichikawa et al., Focal mechanisms of earthquakes occurring in and around the Himalayan and Burmese mountain belts. *Papers in meteorology Geophys.*, 23, 3, 149—162, 1972.
- [15] Н. А. Флоренсов, Гоби-Алтайское Землетрясение, Изв. АН. СССР, 1963.
- [16] Л. А. Мишарина, К вопросу о напряжениях очагах Землетрясения прибайкалья и монголии, вопросы сейсмичности сибиря, 1964.
- [17] B. K. Rastogi, Earthquake mechanisms and plate tectonics in the Himalayan region, *Tectonophysics*, 21½, 47—56, 1974.
- [18] T. J. Fitch, Plate convergence, transeurrent faults and internal deformation adjacent to Southeast Asia and Western Pacific, *J. Geophys. Res.*, 77, 23, 4432—4460, 1972.
- [19] Y. Fukao, and M. Furumoto, Mechanisms of large earthquakes along the eastern margin of the Japan sea, *Tectonophysics*, 26, ¾, 247—266, 1975.

SOME FEATURES OF THE RECENT TECTONIC STRESS FIELD OF CHINA AND ENVIRONS

Yan Jia-quan Shi Zhen-liang Wang Su-yun Huan Wen-lin

(Institute of Geophysics, State Seismological Bureau)

Abstract

Based on the results of focal mechanism solutions for 173 shallow earthquakes occurred during the past 40 years (1937—1977) in China and its environs and some other data, the predominantly horizontal compressive character of the recent tectonic field existing in this part of the world has been discussed. It shows that:

- (1) In south China, the prevailing horizontal compressive stress field is NNW;
- (2) In North China, Korea and Southwest Japan, NEE horizontal compressive stress field and NNW horizontal tensional stress field prevail;
- (3) For the main part of the Chinghai-Tibet Plateau extending as far as West Mongolia, it is under the horizontal compressive stress field, NS to NE in directions. East of the Lanzhou-Chayu line, the stress field deviates toward the SE. In the West Tianshan region, the compressive stress becomes NW. The intraplate tectonic stress field is thought to be related to the movement of the surrounding lithosphere and that of the upper mantle.