

南北地震带南段应力场特征及其与板块运动的关系^{*}

徐纪人 尾池和夫

(日本京都 606-01 京都大学理学部地球物理教室)

摘 要

根据从 1933 年到 1991 年的 134 次中、强震的震源机制结果,对南北地震带南段的区域应力场特征进行了详细地分析.结果表明,南北地震带南段是一条浅源、走滑地震带,在它的东部和西部地区,震源机制结果的 P 轴和 T 轴呈现系统的、一致的分布.在西部地区, P 轴和 T 轴分别位于北东-南西和北西-南东方向;在东部地区, P 轴和 T 轴分别位于北西-南东和北东-南西方向.从整体来看, P 轴的方位在空间组成一个倒“V”字形.东部和西部地区的边界与青藏高原和扬子块体之间的边界是一致的.大量的震源机制结果表明,从喜马拉雅碰撞带到南北地震带南段西部,从台湾东海岸碰撞带到南北地震带南段东部, P 轴的方位分别呈现大体一致的分布.这说明,印度-澳大利亚板块与欧亚板块之间的相对运动所产生的构造力从喜马拉雅碰撞带一直传到南北地震带南段西部,同时,菲律宾海板块与欧亚板块之间相对运动所产生的构造力从台湾东海岸一直传到南北地震带南段东部,并分别控制了那里的应力场.

主题词 地震带;震源机制;应力场;板块运动

前 言

南北地震带位于中国中部,是一条贯穿中国大陆长达 2 000 km 以上的活动地震带.根据地震学的特征,中国大陆地域浅源地震的空间分布以南北地震带为界,大体可以分为东部和西部两大区域.本世纪以来,有很多大地震集中发生在南北地震带上,例如 1920 年海原地震($M8.6$),1933 年叠溪地震($M7.5$)等.以松潘地区以北为界,南北地震带可以被分为南、北两段.自从 1954 年民勤地震($M7.3$)发生以后,南北地震带北段的地震活动趋向平静,没有发生 $M7$ 以上地震.南段仍然处于地震活动的高潮期,多次发生大地震,如 1955 年康定地震($M7.5$),1973 年炉霍地震($M7.6$),1976 年松潘地震($M7.2, 7.2$),1988 年云南省澜沧-耿马地震($M7.6$)等.直到 1992 年 4 月,中国和缅甸的边境地区还发生了 $M6.6$ 和 6.8 的中强地震.

关于南北地震带南段的地震活动性和应力场特征,阚荣举等(1977)指出,由鲜水河

^{*} 1993 年 8 月 2 日收到初稿,1994 年 7 月 16 日决定采用.

断裂带、安宁河断裂带、小江断裂带、通海曲江断裂带和红河断裂带所围成的一个菱形块体, 由于受到印度洋板块对欧亚板块的挤压的影响, 向东南方向运动并控制着那里的应力场. 许忠淮等(1987; 1989)指出, 在南北地震带南段, 主压应力轴(P 轴)和主张应力轴(T 轴)均处于水平, 但 P 轴的方位从北部的(NE-SW, 中部的近 E-W 转向南部的 NNW-SSE 或近 N-S 方向. 这可以用印度洋板块的挤压和缅甸中深地震区的拖拉作用来解释. 根据在亚洲东部和东南部设为自由边界的条件下的实验模拟结果, Peltzer 和 Tapponnier(1988)认为, 由北向运动的印度-澳大利亚板块所产生的强挤压力控制着南北地震带南段的构造应力场.

到目前为止, 许多研究都一致强调了印度-澳大利亚板块的北向运动对南北地震带南段区域应力场的影响. 在有关东亚应力场的研究中, 笔者注意到, 南北地震带南段的震源机制结果所得到的 P 和 T 轴方位从西到东并不显示一种连续的变化. 仅仅用印度-澳大利亚板块北向运动的挤压力去解释那里的地震应力场是很困难的. 特别是, 近年来那里又发生了 1988 年澜沧-耿马地震($M7.6$)等大地震. 因此, 南北地震带南段的起震应力场还是一个未完全解决的问题, 有必要进行更详细的研究. 为了澄清那里的地震应力场以及它的成因, 本文利用包括近年来发生的中、大地震的, 尽可能多并且可靠的震源机制结果, 对南北地震带南段及其附近的区域应力场特征进行详细地分析.

1 资 料

根据 1933—1991 年, 南北地震带南段, 及其附近所发生的 134 次中强、大地震($4.8 \leq M \leq 7.9$)的震源机制结果, 对那里的区域应力场特征进行了解析. 具体研究范围北纬 $20^{\circ} - 34^{\circ}$, 东经 $96^{\circ} - 106^{\circ}$ 的区域(图 1). 震源机制结果(见表 1)包括了笔者根据 ISC(International Seismological Center)报告所解析的结果、CMT 的结果(Dziewonski *et al.*, 1983 a, b), 以及四川省地震局(1983)、鄢家全等(1979)、阚荣举等(1977)、林邦慧等(1986)、成尔林等(1981)、秦保燕等(1986)和徐吉廷(1991a; b)等的结果.

表 1 南北地震带南段的中强、大地震的震源机制结果

发 震 时 间		震 源 位 置		深度 km	震级 (M)	N 轴		P 轴		T 轴		资料 来源
年-月-日	时:分	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$			方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	
1933-08-25	15:50	31.60	103.42	0	7.5	79	58	232	29	329	13	1
1933-08-25	19:38	31.42	103.24	0	5.0	158	74	273	7	5	14	1
1950-08-15	14:09	28.24	96.42	33	8.5	83	58	186	8	281	31	2
1955-04-14	09:29	29.60	101.54	33	7.5	303	68	122	22	33	0	2
1955-06-07	08:48	26.30	101.06	33	6.0	48	72	150	4	242	18	2
1955-09-23	23:06	26.18	101.54	33	6.8	226	80	345	5	75	9	5
1958-02-08	07:23	31.30	104.00	0	6.2	186	90	96	0	180	90	2
1959-02-14	14:25	27.60	97.00	33	5.6	59	37	200	46	312	21	7
1960-11-09	18:43	32.48	103.42	6	6.8	295	69	81	18	175	11	2
1961-06-12	01:15	21.36	106.00	28	5.0	270	80	102	10	11	2	3
1961-06-27	15:03	27.48	99.42	5	6.0	154	0	64	25	244	65	2

续表 1

发 震 时 间		震 源 位 置		深度 km	震级 (M)	N 轴		P 轴		T 轴		资料 来源
年-月-日	时：分	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$			方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	
1962-02-27	14：34	27.36	101.54	33	5.5	356	65	122	15	218	19	2
1962-06-24	09：21	25.12	101.12	17	6.2	232	0	322	30	142	60	2
1963-04-23	17：55	25.48	99.30	20	6.0	52	85	210	5	300	2	2
1964-02-13	18：03	25.36	100.36	24	5.4	29	58	132	8	227	31	3
1964-11-20	14：34	25.12	101.24	33	5.0	243	84	18	4	108	4	3
1965-05-24	00：05	24.06	102.36	8	5.2	44	72	153	6	245	17	3
1965-07-03	19：26	22.24	101.36	15	6.1	353	69	164	21	255	3	3
1965-09-22	00：00	20.36	99.24	11	6.1	351	76	216	10	125	10	3
1966-01-31	10：35	27.48	99.42	8	5.5	94	54	325	25	223	25	3
1966-02-05	23：12	26.12	103.12	5	6.5	274	80	123	9	33	5	2
1966-09-18	22：15	22.36	102.18	11	5.6	19	55	198	35	288	1	3
1966-09-19	13：03	23.48	97.54	33	5.4	347	69	214	15	120	15	3
1966-09-23	05：54	26.18	104.30	6	5.0	208	68	298	0	28	22	3
1966-09-28	22：00	27.18	100.24	6	6.4	359	34	183	56	90	1	2
1967-01-24	22：45	30.12	104.06	4	5.5	122	67	285	22	18	6	2
1967-05-05	08：08	29.18	103.42	30	4.8	221	64	221	5	129	26	3
1967-08-30	19：18	31.42	100.20	35	6.0	100	82	249	7	339	4	4
1968-03-03	00：17	29.54	100.12	31	5.7	225	0	315	20	135	70	2
1968-03-16	20：26	25.18	101.06	33	5.1	349	48	79	0	168	42	3
1969-02-09	23：34	21.60	101.24	33	5.4	26	64	170	22	266	14	3
1969-07-02	00：00	20.60	99.30	33	5.3	326	73	204	9	112	14	3
1970-01-05	01：00	23.60	102.42	13	7.7	331	71	155	19	64	1	2
1970-02-07	06：10	22.54	100.48	17	6.0	99	66	357	5	265	23	3
1970-02-24	10：07	30.36	103.12	15	6.2	42	23	312	0	222	67	2
1970-07-31	13：10	28.32	103.36	12	5.4	16	70	280	2	189	20	5
1970-09-05	21：37	32.06	101.18	20	5.5	9	73	262	5	170	16	2
1970-11-08	17：15	32.06	101.06	33	5.5	254	77	357	3	88	13	5
1970-11-18	01：59	25.12	101.54	33	5.0	234	81	336	2	67	9	3
1971-04-28	23：32	22.54	101.00	15	6.7	335	37	239	8	140	52	2
1971-05-30	15：44	25.06	96.24	15	6.4	145	74	261	7	353	14	2
1971-05-31	05：13	25.12	96.30	22	6.3	86	74	238	14	330	7	2
1971-08-16	04：58	28.54	103.36	16	5.8	288	56	126	33	30	8	5
1972-01-23	10：05	23.30	102.30	33	5.5	345	37	227	32	109	36	3
1972-04-08	17：33	29.24	101.48	15	5.2	70	57	316	15	218	29	5
1972-07-07	00：00	20.30	98.06	27	5.7	318	41	51	3	145	49	2
1972-09-27	08：08	30.19	101.38	0	5.0	311	69	99	18	193	10	8
1972-09-29	16：21	30.24	101.35	3	5.1	145	62	271	17	7	21	8
1972-09-30	04：24	30.10	101.35	22	5.8	68	80	265	10	174	3	5
1973-02-06	18：37	31.24	100.36	17	7.9	322	86	78	2	168	4	2
1973-02-07	16：06	31.30	100.20	35	5.9	15	29	180	60	282	7	6
1973-03-24	03：14	31.42	100.12	20	5.6	179	79	26	10	295	5	6
1973-05-08	18：01	32.60	104.01	12	5.1	176	79	292	5	22	10	5
1973-06-01	21：02	24.45	98.28	0	5.0	118	48	231	19	336	35	5
1973-06-29	05：29	28.46	103.40	20	5.5	140	54	293	33	31	13	5

续表 1

发 震 时 间		震 源 位 置		深度 km	震级 (M)	N 轴		P 轴		T 轴		资料 来源
年-月-日	时 : 分	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$			方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	
1973-08-02	16 : 58	27.54	104.36	26	5.4	269	74	153	7	61	14	2
1973-08-11	15 : 15	32.54	104.06	19	6.5	304	72	108	17	199	5	8
1973-08-16	11 : 58	22.54	101.06	10	6.3	150	0	180	90	60	0	2
1973-09-09	10 : 13	31.42	99.48	32	5.8	145	74	29	7	297	14	2
1973-09-09	10 : 42	31.37	99.59	21	5.5	205	61	13	29	106	5	6
1974-01-16	06 : 50	32.54	104.06	18	5.7	186	68	284	4	16	22	7
1974-05-11	03 : 25	28.12	104.06	14	7.1	353	84	92	1	182	6	2
1974-06-05	08 : 02	29.24	99.36	20	5.2	112	82	222	3	312	8	5
1974-06-15	18 : 19	31.36	100.00	13	5.0	325	75	231	1	140	15	5
1974-09-23	22 : 51	33.48	102.36	11	5.6	326	71	127	18	218	6	5
1974-11-17	00 : 25	32.60	104.06	33	5.7	37	51	138	9	236	38	5
1975-01-15	19 : 34	29.24	101.48	29	6.2	54	66	319	2	228	24	8
1975-05-30	17 : 44	26.42	97.00	30	6.4	296	0	206	40	26	50	2
1975-06-03	03 : 23	26.35	96.57	9	5.4	346	51	164	40	254	1	8
1975-12-01	02 : 22	27.14	100.25	20	5.0	331	25	202	53	74	26	5
1976-05-29	20 : 23	24.30	98.42	20	7.6	322	82	187	6	97	6	2
1976-06-09	00 : 20	24.56	98.44	13	5.6	48	72	205	18	288	9	8
1976-08-12	23 : 26	26.36	97.00	27	6.2	180	0	90	30	270	60	2
1976-08-16	22 : 06	32.36	104.06	15	7.2	203	57	94	12	357	30	6
1976-08-19	20 : 49	32.54	104.18	15	5.9	37	66	298	4	207	24	6
1976-08-22	05 : 49	32.36	104.24	21	6.7	42	31	306	9	202	57	6
1976-08-23	11 : 30	32.30	104.18	23	7.2	188	25	279	1	11	65	6
1976-09-01	01 : 06	32.26	104.10	29	5.0	151	62	258	9	353	26	8
1976-09-03	17 : 57	27.48	100.12	33	5.5	332	57	118	28	216	16	8
1976-09-20	22 : 45	32.46	104.08	42	5.0	31	50	293	7	197	39	8
1976-11-07	02 : 50	27.30	101.06	29	6.9	173	60	347	30	78	3	5
1976-12-13	14 : 36	27.18	101.12	17	6.4	76	69	333	5	241	20	2
1978-05-30	03 : 57	32.51	104.19	42	4.8	78	84	246	6	336	1	8
1978-07-13	05 : 49	31.55	102.55	33	5.4	102	35	305	53	200	12	5
1978-08-02	07 : 45	20.31	100.35	33	5.1	264	83	13	2	104	6	8
1978-08-31	03 : 26	27.38	101.09	35	5.1	137	50	331	39	235	7	8
1978-09-09	23 : 11	23.02	101.03	14	5.1	295	68	179	11	85	20	8
1979-03-15	12 : 52	23.10	101.08	33	5.6	129	62	352	21	255	17	8
1979-03-29	07 : 07	32.26	97.16	0	5.4	144	83	234	0	324	7	8
1979-11-25	02 : 40	25.13	96.19	32	5.0	116	79	237	6	329	8	8
1979-12-21	06 : 31	27.06	97.02	32	5.5	124	0	214	35	34	55	8
1980-02-02	12 : 29	27.49	101.22	33	5.3	324	73	170	16	78	7	8
1981-01-23	21 : 13	30.56	101.06	33	5.7	63	72	276	15	184	9	9
1981-08-14	06 : 09	25.09	97.59	33	5.1	194	34	352	55	97	10	9
1981-08-16	18 : 55	25.29	96.37	37	5.1	45	65	257	22	162	12	9
1981-09-12	05 : 25	21.04	99.21	16	5.0	143	58	32	12	295	29	9
1981-09-19	06 : 50	23.01	101.21	33	5.0	209	69	5	19	98	8	9
1982-06-01	06 : 12	21.55	101.53	33	5.1	147	66	8	19	272	15	9
1982-06-15	23 : 24	31.53	99.52	33	5.5	205	71	62	15	329	11	9

续表 1

发震时间		震源位置		深度 km	震级 (M)	N 轴		P 轴		T 轴		资料来源*
年-月-日	时:分	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$			方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	
1982-06-16	07:24	31.50	99.51	17	6.0	252	81	50	8	141	3	9
1982-07-03	08:13	26.34	100.22	33	5.1	166	0	76	71	256	19	9
1982-10-08	13:34	26.22	99.51	40	5.0	166	8	274	65	73	24	9
1982-10-27	15:36	23.50	105.49	33	5.2	103	73	348	7	256	15	9
1983-06-24	07:18	21.43	103.23	18	6.1	111	66	338	17	243	16	9
1983-07-15	04:48	21.46	103.26	10	5.1	83	74	348	1	257	16	9
1984-04-23	22:29	22.02	99.09	17	5.9	140	65	37	6	305	24	9
1984-11-28	10:29	26.40	97.07	53	5.8	16	47	267	18	162	38	9
1985-04-18	05:52	25.54	102.52	5	5.7	172	56	317	29	57	16	9
1985-04-24	06:47	26.11	96.03	54	5.2	350	19	256	10	139	68	9
1985-09-05	18:30	25.20	97.44	33	5.0	111	65	237	16	333	19	9
1986-03-13	08:41	26.10	100.10	39	5.4	342	6	87	69	250	21	9
1986-08-06	19:55	29.22	100.55	33	5.5	107	39	244	43	357	23	9
1986-11-01	05:02	26.46	96.17	33	5.4	176	28	270	7	13	61	9
1988-09-03	12:52	29.56	97.14	33	5.2	262	9	31	76	170	11	9
1988-11-06	13:03	22.49	99.46	10	6.1	90	77	198	4	289	13	9
1988-11-07	02:39	23.23	99.25	10	4.9	156	39	65	2	333	51	9
1988-11-15	10:28	23.06	99.40	33	5.1	64	70	196	14	290	14	9
1988-11-27	04:17	22.44	99.50	10	5.0	134	58	25	11	289	29	9
1988-11-30	08:13	22.45	99.50	10	5.6	247	75	31	12	122	9	9
1989-01-18	18:22	30.12	100.02	33	5.0	240	46	90	40	347	15	9
1989-02-12	07:55	26.11	96.50	33	5.0	344	52	246	6	151	37	9
1989-03-01	03:25	21.44	97.56	33	5.1	124	76	27	2	297	14	9
1989-04-15	20:34	29.59	99.14	33	6.2	78	8	323	72	171	16	9
1989-04-25	02:13	30.02	99.27	33	6.1	264	16	59	73	172	7	9
1989-05-03	05:53	30.04	99.29	10	6.0	260	18	67	71	169	4	9
1989-05-03	15:41	30.03	99.29	10	5.9	91	0	180	90	181	0	9
1989-05-07	00:38	23.31	99.28	33	5.3	103	72	201	3	292	18	9
1989-06-16	20:12	20.37	102.26	33	5.1	135	63	345	24	249	12	9
1989-07-21	03:09	30.02	99.28	33	5.5	89	22	238	65	355	12	9
1989-09-22	02:25	31.33	102.28	33	6.0	20	9	285	29	125	60	9
1989-09-28	21:52	20.17	98.46	11	5.4	170	72	33	14	300	12	9
1989-09-30	18:19	20.16	98.51	18	5.3	129	73	308	17	38	0	9
1990-03-08	18:57	25.07	96.37	57	5.5	143	71	256	8	349	17	9
1991-02-18	17:06	31.25	102.23	10	5.2	213	65	116	4	24	25	10

注：* 1. 四川省地震局，1983；2. 鄢家全等，1979；3. 阚荣举等，1977；4. 林邦慧等，1986；5. 成尔林，1981；6. 秦保燕等，1986；7. 石川有三，1993；8. 作者；9. CMT 结果(Dziewonski *et al.*，1983 a；b)；10. 徐吉廷，1991 a；b.

2 南北地震带南段的区域应力场特征

南北地震带南段发生的地震均属大陆性浅源地震，本文中所用的震源深度均小于 57 km，是地壳内部地震. 图 1a, b 分别给出了南北地震带南段 134 次中、强地震震源机制

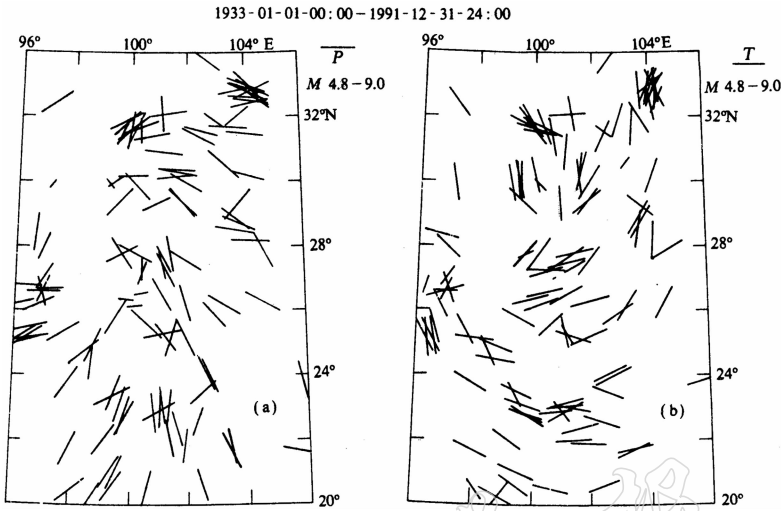


图 1 南北地震带南段的地震震源机制结果的 P 轴(a)和 T 轴(b)的水平投影图. 图的右上角 P 上面的线和 T 下面的线分别表示 P 轴和 T 轴在与水平面平行时的长度

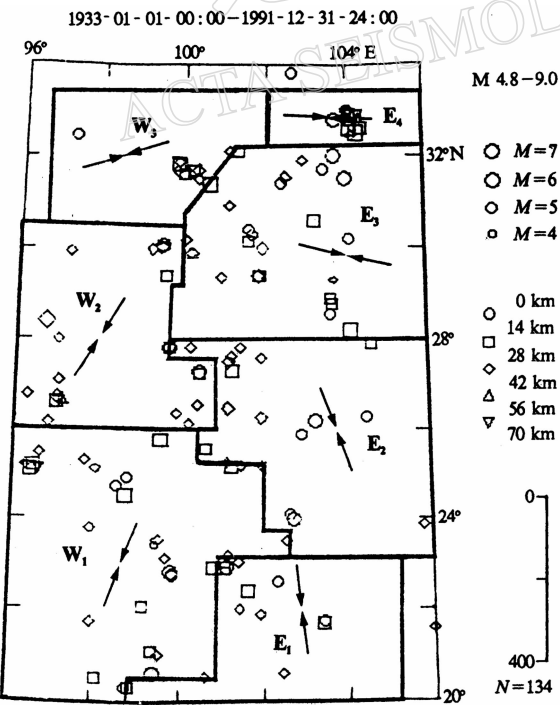


图 2 西 1、西 2、西 3(W_1 , W_2 , W_3)和东 1、东 2、东 3、东 4(E_1 , E_2 , E_3 , E_4)分区以及各分区的平均 P 轴方位

结果的 P 轴和 T 轴的水平投影图. 从图 1 中可以看出, 除了四川省和云南省西部的少数地区以外, 大多数 P 轴和 T 轴基本上是与地平面平行的. 所以, 南北地震带南段所发生的地震大体是属于走滑断层型, 应力场是由近似平行于地平面的主压应力和主张应力所控制的.

图 1 中同时可以看出, 在南北地震带南段的西部和东部地区, P 轴和 T 轴的方位显示出相当大的差异. 在西部地区, 除了缅甸东部的一些地区位于近东西方向以外, 大多数 P 轴沿着 NE-SW 方向; 另一方面, 在东部地区, 除了松潘地区位于近东西方向. 根据区域性 P 轴沿着 NW-SE 方向. 根据区域性 P 轴和 T 轴方位的一致性, 南北地震带南段及其附近地区大体可以分为如图 2 所示的 7 个分区, 从南到北分别为西部的 W_1 , W_2 , W_3 以及东部的 E_1 , E_2 , E_3 和 E_4 分区.

为了详细地探讨南北地震带南段的区域应力场特征，我们利用乌尔夫网将每一分区所有的震源机制结果的 P 轴、 T 轴和 N 轴(零轴或中等主应力轴)作下半球投影. 图 3 和图 4 分别是西部三个分区(W_1, W_2, W_3)和东部 4 个分区(E_1, E_2, E_3, E_4)的震源机制结果的乌尔夫投影图(下半球). 图 3 中, W_1 分区的 P 轴大体水平地位于 NE-SW 方向, T 轴位于水平 NW-SE 方向, N 轴集中在垂直方向上. 因此, W_1 分区的起震应力场是以 NE-SW 方向的主压应力, NW-SE 方向的主张应力和垂直的中等主应力为特征, 并使得走滑断层型地震在那里发生. W_2 分区的 P 轴、 T 轴和 N 轴显示了不同于 W_1 分区的分布. 那里的一些 P 轴位于垂直向的附近或在 NE-SE 向, T 轴位于 NNW-

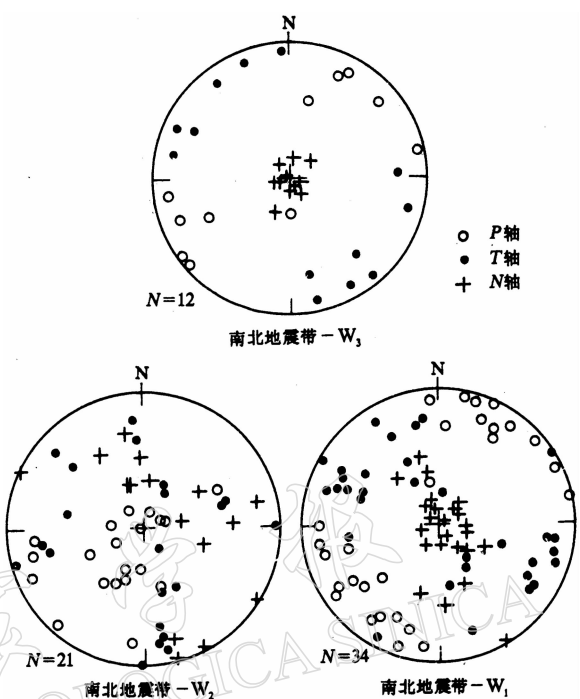


图 3 西部三个分区(W_1, W_2, W_3)的震源机制结果的乌尔夫投影图

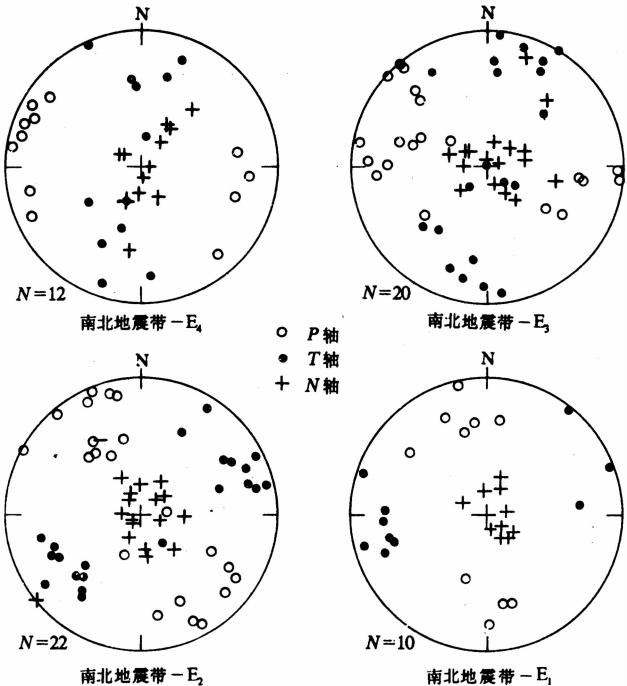


图 4 东部四个分区(E_1, E_2, E_3, E_4)的震源机制结果的乌尔夫投影图

SSE 方向. 这是一正断层型地震集中发生的地区. 在 W_3 分区, P 轴位于 ENE-WSW 方向, T 轴位于 NW-SE 方向, N 轴集中在垂直方向上. 走滑断层型地震在 W_3 分区发生. 在东部地区, 图 4 中所显示的 P 和 T 轴的方向完全不同于西部地区. 在位于中国与缅甸、越南之间的边境地区的 E_1 分区, 其 10 个地震结果的 P 轴位于水平 NNW-SSE 方向, T 轴位于水平 ENE-WSW 方向并具有位于垂直向的 N 轴. E_2 分区的结果大体与 E_1 分区的相似. 在 E_3 分区, 水平的 P 轴位于 WNW-ESE 方向, 水平的 T 轴位于 NNE-SSW 方向并有垂直向的 N 轴. 在 E_3 分区, P 和 T 轴的方向相对于 E_1 和 E_2 分区, 反时针偏转了约 30° . 至于近年来大地震经常发生的 E_4 分区, 图 4 显示了与 E_3 分区近似的结果. 因此, 从 E_1 到 E_4 分区, P 轴的方向从 NNW-SSW 转向 WNW-ESE. 同时, 从南到北, T 轴也有规则地从近 E-W 向转向了 NNE-SSW 方向. 在所有的 7 个分区中, 几乎所有的地震都属于走滑断层型的地震, 除了 W_2 分区有较多的正断层型地震以外, 仅有在 E_4 分区的松潘-平武等处发生的 9 个地震属于逆断层型的地震. 根据地震的震源机制结果, 7 个分区的平均 P 轴的方向也同时表示在图 2 中. 西部地区的 W_1 , W_2 和 W_3 分区的平均 P 轴方向为 $N37^\circ E$, $N39^\circ E$ 和 $N52^\circ E$. W_2 分区的平均 T 轴方向为约 $N20^\circ W$. 在东部的 E_1 , E_2 , E_3 , E_4 分区, 平均 P 轴方向分别为 $N25^\circ W$, $N37^\circ W$, $N63^\circ W$ 和 $N64^\circ W$.

为了更清楚地显示西部和东部地区从南到北的 P 和 T 轴方向的变化特征, 图 5 作出了 P 轴的方位角和震中纬度之间的相互关系图. 这里利用了走滑分量较大的 95 个走滑断层型地震的震源机制结果. 从图 5 可以看出, 当震中的纬度增高时, 东部地区的 P 轴方位角有北向分量减少、西向分量增加的趋向. 西部地区的规律性不明显.

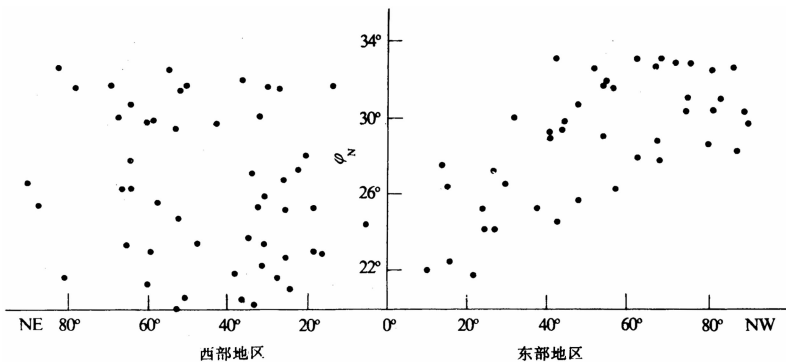


图 5 P 轴的方位角与震中纬度之间的相互关系图. 纵坐标表示震中的纬度, 横坐标表示 P 轴的方位角. 横坐标表示的方位角, 右边和左边分别为从北到西 (东部地区) 和从北到东 (西部地区)

3 讨论和结论

Zhao 等(1990)用地震活动性的同期变化, 分析了中国大陆地域的起震应力场并指

出，南北地震带南段作为一地区，其地震活动与其周围的任何地震带都不呈现同期变化。因此，这里的起震应力场不是单纯地来自某个单一板块的影响。

根据本文结果，从统计学角度来看，南北地震带南段西部和东部地区的 P 轴、 T 轴的方向存在着系统的差异。在西部地区， P 轴和 T 轴分别位于北东-南西和北西-南东方向，与青藏高原相似。在东部地区， P 轴和 T 轴分别位于北西-南东和北东-南西方向，与华南地区相似。 P 轴的方位在空间组成一个倒“V”字形。许忠淮等(1989)推断出我国大陆的构造应力场，其中各有关分区(56, 60, 65, 68 分区等) P , T 轴的方位和倾角同本文的结果基本一致。大量的震源机制结果表明，从喜马拉雅碰撞带到南北地震带南段西部，从台湾东海岸到南北地震带南段东部， P 轴的方位分别呈现大体一致的分布(Xu *et al.*, 1989)。

根据 P 轴和 T 轴方向的一致性，从图 2 可以看出，由震源机制结果得到的东部地区和西部地区之间的边界，从整体来看在中南段，它与红河断裂带的走向相近，特别是哀牢山的一段。根据地质构造的特征，哀牢山断裂是东部地台区和西部地槽区之间的边界(李善邦, 1981)。图 6 给出了印度-澳大利亚板块和菲律宾海板块、东亚东南地域的主要构造、以及本文所得到的南北地震带南段东部和西南之间的边界的示意图。由图 6 可以看出，本文的南北地震带南段东部和西部的边界大体与青藏高原和扬子块体之间的边界相一致(平朝彦、中村一明, 1986)。这表明，印度-澳大利亚板块与欧亚板块之间的相对运动所产生的构造力，从喜马拉雅碰撞带经过青藏高原一直传到南北地震带南段西部，同时，菲律宾海板块与欧亚板块之间相对运动所产生的构造力，从台湾东海岸经过华南地区一直传到南北地震带南段东部，并分别控制了西部和东部地区的应力场。从板块构

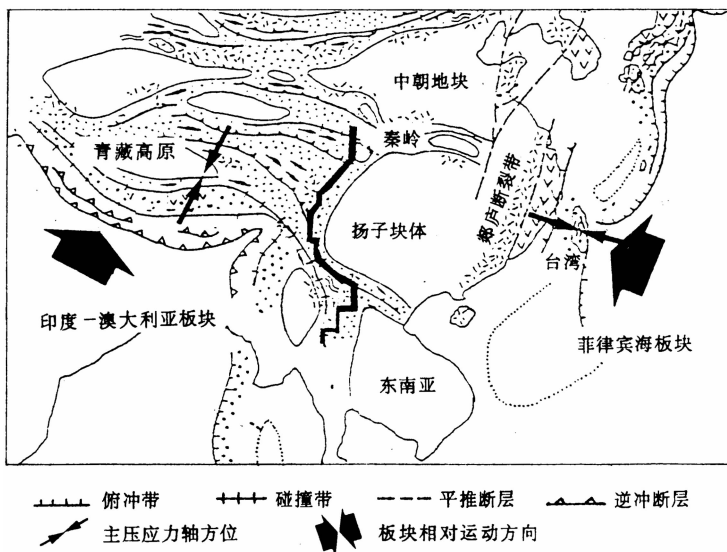


图 6 东亚东南地域的主要构造、南北地震带南段东部和西部之间的边界，以及印度-澳大利亚板块和菲律宾海板块在中国内陆地区的影响范围示意图

造的理论来看, 本文所得到的南北地震带南段东部和西部之间的边界也正是印度-澳大利亚板块和菲律宾海板块在中国内陆地区的影响范围的界线。

至于南北地震带南段, 特别是东部地区所呈现出的从南到北有规律的 P , T 轴转向问题, 可以用来自北面的东西走向的秦岭的阻挡作用去解释。东部比西部地区有更好的规律性。可以认为, 南北地震带南段的东部比西部有更加单纯的构造。本文的结果还有待于今后用更多的资料加以验证, 以及包括数值模拟研究等项理论工作加以深化。

本文得到石川有三、久家 子和赵志新的热情帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- 成尔林, 1981. 四川及其邻区现代构造应力场和现代构造运动特征. 地震学报, **3**, 231—241.
- 阚荣举、张四昌、晏凤桐、俞林胜, 1977. 我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨. 地球物理学报, **20**, 96—109.
- 林邦慧、陈天长、蒲晓红、刘万琴、彭美宣、张卫平, 1986. 鲜水河断层带强震的破裂过程与地震活动. 地震学报, **8**, 1—20.
- 李善邦, 1981. 中国地震, 290pp. 地震出版社, 北京.
- 平朝彦、中村一明(编), 1986. 日本列岛的形成—变—带としての历史と现在, 岩波书店.
- 秦保燕、徐纪人、翟文杰, 1986. 南北地震带北段现今地壳应力场讨论. 华北地震科学, **4**, 1, 1—15.
- 四川省地震局, 1983. 一九三三年叠溪地震, 42—47. 四川科学技术出版社, 成都.
- 许忠淮、汪素云、黄雨蕊、高阿甲、金小锋、常向东, 1987. 由多个小震推断的青甘和川滇地区地壳应力场的方向特征. 地球物理学报, **30**, 476—486.
- 许忠淮、汪素云、黄雨蕊、高阿甲, 1989. 由大量的地震资料推断的我国大陆构造应力场. 地球物理学报, **32**, 636—647.
- 徐吉廷, 1991a. 小金地震概况. 国际地震动态, **7**: 7—10.
- 徐吉廷, 1991b. 1991年2月18日小金5.2级地震的震害与对策. 国际地震动态, **12**: 7—11.
- 鄢家全、时振梁、汪素云、环文林, 1979. 中国及邻区现代构造应力场的区域特征. 地震学报, **1**, 9—24.
- Dziewonski, A. W. and Woodhouse, J. H., 1983a. An experiment in systematic study of global seismicity: centroid-moment tensor solutions for 201 moderate and large earthquakes of 1981. *J. Geophys. Res.*, **88**, 3247—3271.
- Dziewonski, A. M., Friedman, A., Giardini, D. and Woodhouse, J. H., 1993b. Global seismicity of 1982: centroid-moment tensor solutions for 308 earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **33**, 76—90.
- Peltzer and Tapponnier, 1988. Formation and evolution of strike-slip collision: an experimental approach. *J. Geophys. Res.*, **93**, (B12), 15085—15117.
- Xu, J. R., Zhao, Z. X., Oike, K. and Ishikawa, Y., 1989. Regional characteristics of focal mechanisms of shallow earthquakes in and around China. *Proceedings of the Japan-China Joint Seminar on Natural Hazard Mitigation*, 41—49. Kyoto, Japan.
- Zhao, Z. X., Oike, K., Matsumura, K. and Ishikawa, Y., 1990. Stress field in the continental part of China derived from temporal variations of seismic activity. *Tectonophysics*, **178**, 357—372.