

鄂尔多斯块体周围的地震活动与构造

李孟銮

(宁夏回族自治区地震局)

摘 要

根据 $M \geq 5$ 级的地震资料,讨论了鄂尔多斯块体周围地震活动的时空特征。二十三次中等强度地震的震源机制解和十五个小区域综合地震断面解表明,该块体及其周围的主压应力轴方向为北东东—南西西,主张应力轴方向为北西西—南东东。这种应力场格局与鄂尔多斯块体同时兼受印度板块和太平洋板块挤压并以前者为主有关。地质资料表明,该块体周围的地震活动与断陷盆地内部的活动断裂及盆地边缘的垂直差异运动有关。

地震活动的时空分布

根据《中国地震简目》及国家地震局分析预报中心二室提供的资料,鄂尔多斯块体周围 $M \geq 6$ 级的地震共44次,其中最早的一次是公元前780年(周幽王二年)陕西岐山6—7级以上地震。公元1000年以前,只记有5次 $M \geq 6$ 级地震;从公元1000年至今 $M \geq 6$ 级的地震则有39次,其中 $M \geq 8$ 级的地震5次,震级最大的是1920年海原8 $\frac{1}{4}$ 级地震。

从全球构造分析,板块边缘是地震活动的主要地带。同样,在板块内部,活动块体边缘往往是地震集中活动的场所。鄂尔多斯块体就是典型的一例,该块体内都很少有地震发生,地震震中分布在块体周围。正如板块边缘地震活动在时间上具有高潮期和低潮期一样,块体周围的地震活动在时间上也表现出时强时弱的特征。所不同的是块体周围地震活动高潮期与低潮期不像板块边缘那样具有明显的等间隔性;活动期内地震强度也有很大差异。

在讨论鄂尔多斯块体周围地震活动的时间特征时,我们所说的地震平静期仍以1979年提出的连续百年左右无6级以上地震为判断指标^[1],这样,公元1000年以来,该地区地震活动大体经历了三次活跃期和两次平静期(见表1)。每个活跃期的震中分布如图1所示。

第一次活跃期的160年间,只记载有7次 $M \geq 6$ 级的地震,由于历史原因,估计这一期间还有漏记地震的可能。但是,其中的1303年山西洪洞8级大地震却是一次引人注目的大地震,它是我国历史上较早的8级大震,也是世界上特大灾难性地震之一^[2]。

由鄂尔多斯块体周围 $M \geq 6$ 级地震资料,我们得到如下几点认识:

- 1、该块体周围地震活动的活跃期和平静期极为明显。从能量释放的角度考虑,活跃期比平静期要大3—4个数量级。活动期内,平均几年至十几年就有一次6级以上地震,而平静期内百年左右无6级以上地震。另外,每个活动期内都有8级地震。可见,鄂尔多斯块体周围的孕震能力是很强的。

表 1

	起止时间	地震次数 $M \geq 6$	最大震级	地震释放总能量
第一次活跃期	1209—1368	7	8	6.5×10^{22} 尔格
平静期	1369—1476	0	$5 \frac{3}{4}$	3.4×10^{20} 尔格
第二次活跃期	1477—1739	18	8	20.1×10^{22} 尔格
平静期	1740—1814	0	$5 \frac{1}{2}$	0.6×10^{20} 尔格
第三次活跃期	1815—现在	14	$8 \frac{1}{2}$	36.3×10^{22} 尔格

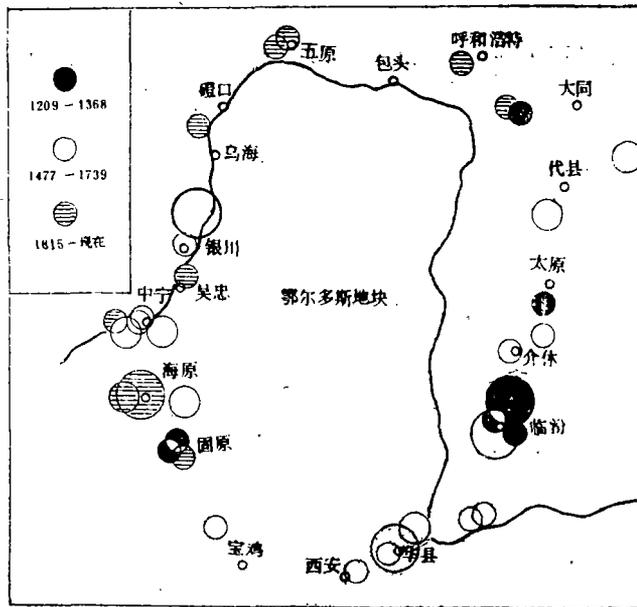


图 1 鄂尔多斯块体周围地震震中分布图

2、在三次地震活跃期中，地震活动的空间分布有很大的差异。第一活跃期以块体东缘的汾河地堑为主，银川地堑，渭河地堑和河套盆地都无 $M \geq 6$ 级地震；第二活跃期中，块体的东、西、南三侧都参与活动，三次8级大地震分别发生在渭河地堑、汾河地堑和银川地堑。从1815年开始的第三活跃期，则以块体西缘为主要活动场所，在此期间发生了块体边缘最大的一次地震，即1920年宁夏海原8.5级大地震。只有在这个活跃期块体北缘的河套盆地参与了活动。这种空间分布的差异性类似于板块边缘大地震的“填空性”，即茂木清夫提出的第一类空区。

3、历史地震资料表明，鄂尔多斯块体周围的地震活动与晚新生代以来继承性活动的构造盆地以及盆地内部特定的构造部位有关。主要的情况有两种，一种是盆地内部以北东方向为主的活动断裂；另一种是盆地边缘垂直差异运动强烈的阶梯式断裂，有人将这种构造盆地称为次一级断块。不仅历史

上 $M \geq 6$ 级的地震如此，现在的中强地震以及小震群活动也是如此。山西断陷盆地强震带中，一些强震就往往发生在差异运动最强的构造部位（见图2）〔8〕。

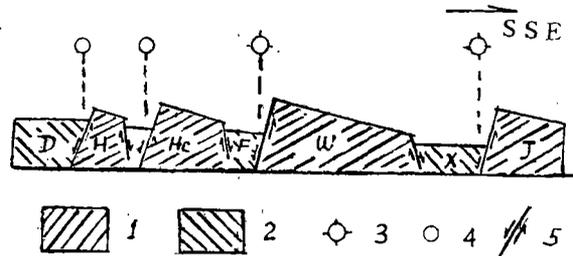


图2 晋北断块活动和地震关系示意图（据汪一鹏资料）

1、相对上升地块；2、相对下降地块；3、强震震中；4、弱震震中；5、断层箭头表示两盘运动方向J系舟山断块X系忻县一定襄盆地断块，W系五台山断块，F系繁峙一代县盆地断块，He系恒山断块，Hu系浑源北山断块，D系大同盆地断块

4、从该块体周围地震的强度分析，块体的西缘居第一位，东缘次之。特别是1920年海原地震的震级达8 $\frac{1}{2}$ 级，显然与西侧受到的挤压比较强烈有关。说明鄂尔多斯块体在兼受印度板块和太平洋板块推挤作用过程中，前者居主导地位。

5、在鄂尔多斯块体周围处于地震活跃期时，我国华北（如河北、山东、渤海等）其他地区也相继发生强烈地震。也就是说，鄂尔多斯块体周围的地震与华北地区的整体活动在时间上具有一定的同步性。最典型的例子是1668年至1739年间先后发生的山东郯城、河北平谷、山西临汾和宁夏银川四次 $M \geq 8$ 级地震，它们之间相隔时间之短在我国地震史上是罕见的。上述四次八级大地震的间隔时间远小于八级大地震的孕育时间，这说明鄂尔多斯块体周围的地震活动与华北地区的地震有联系。这一点在后面提到的该块体周围的应力场资料时，还将得到证实。

顺便指出，塔帕尼和莫尔纳〔4〕，在分析鄂尔多斯块体周围的历史地震时，曾指出块体周围的 $M \geq 7$ 级的地震震中都靠近卫星影象上可见的断裂，但他们认为该块体周围历史上发生了四次 $M \geq 8$ 级地震，不包括1920年海原8.5级地震〔4〕。根据文献〔8〕的观点和本文前述该块体周围地震活动的整体性，海原地震不仅是鄂尔多斯块体周围的一次强烈地震活动，而且还是我们认识鄂尔多斯块体及其周围孕震能力和力源的重要事件。

鄂尔多斯块体及其周围的构造应力场

近几年来，板内地震活动已经广泛的引起了人们的兴趣。虽然对板内某些特大地震的成因目前还不太清楚，但是对板内地震活动性和区域构造应力场的认识，较以前确实深刻的多了。前人的工作，有两点是应当指出的，一是我国的强震活动明显与断块构造有关；二是我国大陆构造应力场受印度板块和太平洋板块联合作用控制。其特征是以水平应力为主，也有垂直力的附加作用。

鄂尔多斯块体在地质历史上是一个长期稳定的构造单元，内部地质结构单一。周围则发育有一系列断陷盆地，垂直差异运动强烈，分布有许多规模大小不等、活动程度不同，且以北东向为主、北西向为辅的活动断裂。另外，该块体所处的地理位置在青藏块体东北部，华北平原西部。与华北平原以山西隆起带相隔。因此，来自太平洋板块的推挤力，一部分消耗于华北平原和山西隆起带，一部分将传递到鄂尔多斯块体。由于印度板块沿北北东方向推挤欧亚大陆，青藏块体受到了强烈的挤压，在其自身沿推挤方向缩短的同时，势必也会通过六盘山地区将来自印度板块的推挤力传递到鄂尔多斯块体，所以从力源的角度考虑，该块体所处的构造位置，决定了它的周缘兼受印度板块和太平洋板块的推挤力。

表 2

鄂尔多斯块体周围部分地震的震源机制解

编号	发震时间	震中位置		地点	震级	深度	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴		N 轴		资料来源
		纬度	经度				走向	倾向	倾向	走向	倾向	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角		
1	1962.12.7	38°03'	106°16'	宁夏吴忠	5.4	25	288	198	36	230	320	70	161	14	281	55	61	28	(1)
2	12.18	38°02'	106°11'	宁夏吴忠	5.5	21	320	230	35	284	14	60	209	19	323	66.5	114	17.5	(1)
3	1965.1.13	35°07'	111°38'	山西垣曲	5.5	10	10	280	64	90.5	180.5	72	228	32	321	5.5	59	57	(1)
4	1967.10.16	36°.8	105°.1	甘肃靖远	4.8		307	37	73	235	145	45	188	17.5	77	45	293.5	10	(1)
5	12.18	36°10'	110°50'	山西蒲县	5.4	30	175	85	80	81.5	351.5	71	40	21	307.5	6.5	200.5	68	(1)
6	1970.12.3	35°51'	105°33'	宁夏西吉	5.5	7	17.5	287.5	46	284	194	86	230.5	32.5	339	26.5	100	45.5	(1)
7	1971.6.5	37°25'	113°25'	山西和顺	4.7	10	142	232	85	231	141	85	187	11	96	4	7.5	82	(1)
8	6.11	37°52'	106°06'	宁夏吴忠	4.7	15	354	264	38	358	88	52	96	82	265	7	358	2	(1)
9	28	37°45'	106°12'	宁夏吴忠	5.3	16	277	187	49	34	304	62	156.5	10.3	253	52	58	36.5	(1)
10	1976.4.6	40°14'	112°12'	内蒙古和林格尔	6.3	16	26	296	75	299	29	72	73	2	342	24			(2)
11	9.23	40°05'	106°21'	内蒙古巴音木仁	6.2	49	160	70	26	83	173	84	15	34	148	44	266	25	(8)
12	10.14	40°39'	112°34'	内蒙古凉城	4.8	15	2.5	272.5	20	81.5	171.5	86	200.5	41	327	34			(2)

续表 2

编号	发震时间	震中位置		地点	震级	深度	节面 A		节面 B		P. 轴		T. 轴		N. 轴		资料来源		
		纬度	经度				走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角		方位	仰角
13	1977. 2. 2	40°20'	112°15'	内蒙古和林格尔	4.5	13	55	145	75	328	238	80	192	17.5	101	3		(2)	
14	3. 14	40°30'	112°30'	内蒙古凉城	4.8	15	50.5	140.5	62.5	302	32	60	86	43	172	2		(2)	
15	1978. 1. 22	40°57'	106°55'	内蒙古狼山沙海	4.5	30	73	163	61	355	265	70	217.5	35	123	6.5		(2)	
16	1978. 4. 21	40°37'	114°28'	内蒙古天镇	4.5	15	295	205	45	25		90	260	30	150	30		(2)	
17	6. 1	39°56'	113°39'	山西浑源	4.5	20	41	311	70	294	204	50	266	44	164	13		(4)	
18	10. 4	39°32'	113°35'	山西浑源	4.5		348	258	65	287	17	55	226.5	0	315	54		(4)	
19	1979. 6. 19	37°06'	111°52'	山西介休	5.1	14	338	248	20	26	116	75	135	56	281	33		(4)	
20	8. 25	41°14'	108°07'	内蒙古五原	6.0	30	93	183	70	177	87	70	46	1	135	20	313	20	(2)
21	1980. 3. 9	37°17'	112°04'	山西平遥	5.0	22	26	116	85	297	207	80	252	8	161	11	1	77.5	(4)
22	1982. 4. 14	36°15'	105°30'	宁夏海原	5.5	20	339	69	80	68	338	78	21	20	291	1	197	71	(8)
23	1983. 1. 17	40°15'	106°50'	内蒙古磴口	5.1		15	285	80	103	193	75	240	18	151.6	1.8	48.5	72.5	(2)

表 8

鄂尔多斯块体周围十五个地区的地震综合断层图解

序号	地点	起止时间	节 面 A			节 面 B			P 轴		T 轴		N 轴		地震次数	矛盾比	资料来源
			走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角			
1	山西临汾运城	1971~1972	18	288	56	274	184	71	230	38	328	10	71	50			金严等
2	山西太原	1976	58	148	59	317	47	74	189	10	93	35	293	55	28.5%		山西地震局
3	陕西淳化耀县	1975.6~1976.11	41	311	65	321	51	70	270	4	2	33	176	58	35%		丁毓玉等
4	陕西韩城	1971~1975.5	56	326	35	289	199	67	241	58	359	18	98	25	37%		"
5	陕西陇县	1972~1974	77	347	55	325	235	63	288	47	22	4	117	43			"
6	内蒙古包头	1973~1978	51	321	83	318	228	71	276	18	184	8	70	70			孙加林
7	内蒙古宗别立	1974~1978	176	266	62	72	162	68	212	38	304	4	39	52	202		本文作者
8	宁夏石咀山	1974~1978	77	347	78	174	84	59	31	28	128	12	238	56	172		"
9	宁夏灵武	1974~1978	6	96	80	91	1	62	51	27	315	12	204	60	36		"
10	宁夏小口子	1974~1978	154	64	59	52	322	70	10	37	105	7	204	52			"
11	宁夏中卫	1974~1978	123	213	70	21	111	60	165	37	70	6	331	52	51		"
12	宁夏海原	1974~1978	110	20	80	25	115	70	67	21	159	7	265	67	49		"
13	宁夏固原	1974~1978	116	26	80	30	120	70	72	21	164	7	268	67	52		"
14	宁夏西吉	1974~1978	141	231	50	42	132	80	277	19	174	35	31	48	40		"
15	甘肃静宁	1973~1978	16	106	54	308	218	64	62	13	162	37	334	41			陈爱玲等

表4 鄂尔多斯块体周缘部分地震极震区长轴方位

编号	日期	震中位置		地名	震级	等震线 长轴方位 (度)	编号	日期	震中位置		地名	震级	等震线 长轴方位 (度)
		北纬	东经						北纬	东经			
1	1022.4	39.°7	113.°1	大同、应县	6 $\frac{1}{4}$	2	16	1683.11.22	38.°7	112.°7	原平	7	356
2	1038.1.9	38.°4	112.°9	定襄、忻县	7 $\frac{1}{4}$	20	17	1695.5.18	36.°0	111.°5	临汾	8	49
3	1303.9.17	36.°3	111.°7	洪洞、赵县	8	20	18	1709.10.14	37.°4	105.°3	中卫	7 $\frac{1}{4}$	90
4	1477.5.13	38.°5	106.°3	银川	6 $\frac{1}{4}$	22	19	1739.1.8	38.°9	106.°5	银川	8	22
5	1501.1.19	34.°8	110.°1	朝邑	7	106	20	1815.10.23	34.°8	111.°2	平陆	6 $\frac{3}{4}$	81
6	1556.1.23	34.°5	109.°7	华县	8	60	21	1920.12.16	36.°5	105.°5	海原	8 $\frac{1}{4}$	57
7	1561.7.25	37.°4	106.°0	中宁	7 $\frac{1}{4}$	300	22	1952.10.8	38.°9	112.°8	崞县	5 $\frac{1}{2}$	30
8	1568.5.15	34.°4	109.°0	西安	6 $\frac{3}{4}$	280	23	1959.8.11	35.°5	110.°6	韩城	5.4	35
9	1581.5.18	39.°8	114.°5	广灵	6	62	24	1962.7.27	36.°5	105.°5	海原	5	290
10	1583.5.18	39.°7	113.°8	浑源	5 $\frac{1}{4}$	80	25	1962.12.7	38°03'	106°11'	灵武	5.4	37
11	1618.5.20	37.°0	111.°9	介休	7 $\frac{1}{4}$	47	26	12.18	38°02'	106°11'	灵武	5.5	40
12	1618.11.16	39.°8	114.°5	广灵	6	53	27	1965.1.13	35°07'	111°38'	垣曲	5.5	32
13	1622.10.25	36.°5	106.°3	固原	7	300	28	1970.12.8	35°51'	105°33'	西吉	5.5	150
14	1624.6.30	34.°9	111.°1	平陆	6	88	29	1976.9.23	40°05'	106°21'	巴音木仁	6.2	155
15	1626.6.28	39.°4	114.°2	灵丘	7	70	30	1982.4.14	36°45'	105°30'	海原	5.5	344

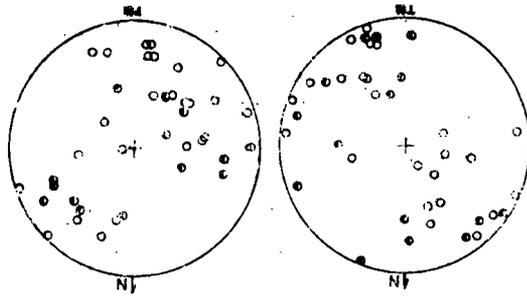


图3 鄂尔多斯块体周围部分地震震源机制解和15个小区综合断层面解的P、T轴取向分布

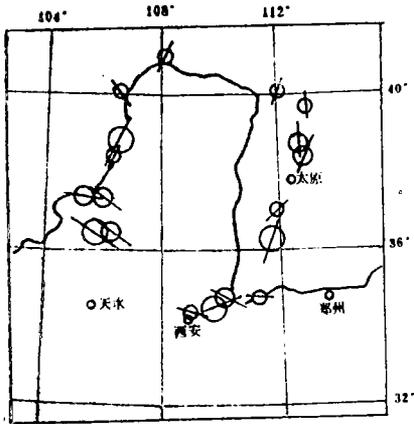


图4 鄂尔多斯块体周围部分地震等震线长轴方位
(据李钦祖资料)

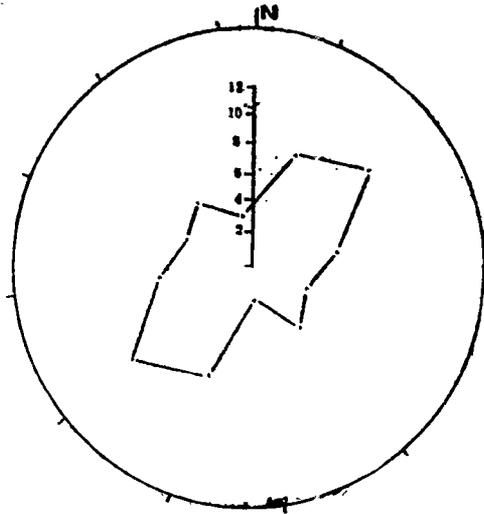


图5 鄂尔多斯块体大震等震线长轴数目随方位的分布

根据陕西、山西、甘肃、宁夏和内蒙古等省区的工作成果，我们收集了鄂尔多斯块体周围23次 $M \geq 4.5$ 级地震的震源机制解和15个地区的小震综合断层面解（见表2和表3），这些 $M \geq 4.5$ 级地震发生在1962年12月至1983年元月之间，其中 $M \geq 6.0$ 级的地震有三次。分析表2和表3的资料，可以得到如下几点认识：

1、鄂尔多斯块体周围大部分中强地震的断层面产状都具有较好的一致性，断层面倾角较陡，两个节面的走向以北西西和北北东居多。震级越大，这种一致性越好。

2、鄂尔多斯块体周围大部分地震震源机制解中的P轴方位为北东东—南西西方向，T轴方位为南东东—北北西方向，P轴和T轴多近水平，3次 $M \geq 6$ 级地震的P轴有两次仰角近似于零。从表3中可以看出，15个地区的小震综合断层面解也有类似情况。图3给出它们的P轴与T轴方位的平面分布。显然，在这样一个低角度主压应力作用下，断裂的错动形式必然以水平运动为主。

3、鄂尔多斯块体周围的大部分地震都是浅源地震，震源深度多数介于10—20公里之间。个别地震的震源深度达四十余公里，但仍发生在地壳内部。也就是说，尽管鄂尔多斯块体周围有的断裂已切割地壳，但是地震仍是地壳内部释放积累能量的结果。

由上述结果，我们可以得到这样的看法，即鄂尔多斯块体及周围处在一个一致性比较好的应力场中，主压应力轴以北东东—南西西为主，并以水平错动占优势。1920年海原8.5级地震断裂带的力学性质是这一看法的佐证，根据文献〔5〕的结果，海原地震断裂带以反时针水平错动为主，断裂带的

走向为北60°西，水平错动的最大位移幅度近十米^[6]。

前人工作表明，大地震极震区等震线的长轴方向严格受发震断裂走向控制。根据国家地震局全国地震烈度区划编图组汇编的《中国地震等烈度线图集》，我们在表4中给出了鄂尔多斯块体周围30次地震的极震区长轴方位，图4是其中部分地震的震中及其极震区长轴方位。据此可以看出，鄂尔多斯块体周围大多数地震的极震区长轴方位为北北东或北西西方向，把这些资料绘制成30度为间隔的玫瑰图，如图5所示。图中显示的优势方向与前述23次中强地震震源机制解中节面走向大体一致。

结 论

- 1、鄂尔多斯块体周围的地震活动具有明显的活跃期和平静期，每次活跃期中都有8级的地震发生。目前该处正处于第三个活跃期中，因此，再次发生 $M \geq 6$ 级地震的危险性是不容忽视的。
- 2、鄂尔多斯块体周围的强震、中强震的发生与其所在部位的断陷盆地及其边缘的活动断裂有关。
- 3、鄂尔多斯块体周围的地震都发生在地壳内部，都属于浅源地震，其优势深度介于10-20公里之间。
- 4、鄂尔多斯块体及其周围边缘地区的构造应力场以北东东方向的主压应力、北西西方向的主张应力为特征，发震断裂分北北东和北西西两组，以前者为主。

参 考 文 献

- [1] 李孟奎、任庆维 宁夏地震活动特征的初步探讨，西北地震学报 Vol 2, №3 1980
- [2] 叶家鑫、高建国 全世界特大灾难性地震 1982年中国百科年鉴
- [3] 汪一鹏 我国板内地震和中新代应力场 地震地质 Vol 1 №3 1979
- [4] P.Tapponnier and P.Molnar Active faulting and Tectonics in China J.G.R Vol 82
- [5] 国家地震局兰州地震研究所，宁夏回族自治区地震队 1920年海原大地震 地震出版社 1980
- [6] 宋方敏等 1920年海原地震中的最大水平位移及西华山北缘断裂地震重复率的估计 地震地质 第5卷 第4期 1983