

鄂尔多斯块体周缘强震活动时空特征 及地震危险性分析

曹井泉

(内蒙古自治区地震局, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:采用公元400~2000年 $M_S \geq 6.0$ 地震资料,研究鄂尔多斯块体周缘($34^\circ \sim 42^\circ$ N, $104.5^\circ \sim 114.5^\circ$ E)强震活动时空特征.结果表明,鄂尔多斯周缘强震活动具有时间分期性、时空迁移有序性、填充性与重复性、大地震等间隔分布特点.地震危险性分析表明下一个7级地震可能发生在北部边缘的阴山地震带两端.

关键词:鄂尔多斯块体周缘; 强震; 时空特征; 地震危险性

中图分类号: P315.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2002)03-0230-06

0 引言

鄂尔多斯块体东起吕梁山脉,西抵桌子山、云雾山;南起渭北山地,北达黄河之滨,是地质历史上最为稳定的构造单元,内部地质构造单一.鄂尔多斯块体周缘发育有一系列断陷盆地,在盆地与高原、山地之间,以及盆地内分布着许多活动断裂^[1].受板块水平挤压作用和垂直差异运动的影响,鄂尔多斯块体周缘强震活动频繁,是我国北方最明显的一个强震活动带.沿此带历史上发生过5次8级及8级以上强震,约占我国有历史记载的8级以上强震的四分之一.1920年宁夏海原8.5级地震后,鄂尔多斯周缘强震活动明显减弱,截止公元2000年,已有80年无 $M_S 6.5$ 以上地震发生.但自1929年起,以呼和浩特6.0级地震为标志,鄂尔多斯北缘——阴山地震带中强地震开始活动.特别是1976年以来,阴山地震带中强地震明显增多,在20多年的时间里,该带先后发生6次6.0~6.4级地震,而其它三个边缘仍保持6级地震平静的格局.这种地震活动格局意味着什么?本文试图通过强震活动时空特征研究,探讨鄂尔多斯块体周缘未来强震危险性.

1 资料选取

以鄂尔多斯及周缘(北纬 $34^\circ \sim 42^\circ$,东经 $104.5^\circ \sim 114.5^\circ$)为研究区,选取公元400~2000年 $M_S \geq 6.0$ 地震资料^①进行分析研究.由于历史条件原因,公元1400年以前的地震记录可能不完整,并且存在一定的误差.

在以往的研究中,人们把公元1695年山西临汾大地震作为鄂尔多斯周缘5次 $M_S \geq 8.0$

收稿日期: 2001-09-10

作者简介: 曹井泉(1964—),男(汉族),内蒙林西人,高级工程师,现主要从事地震预报和地震活动图象研究.

① 中国地震局监测预报司预报管理处.中国强地震目录(公元前23世纪~公元1999年).1999.

地震之一, 文献①最新研究表明, 1695 年山西临汾地震应为 7.7 级. 另外, 对于公元 849 年内蒙包头西大地震, 孙加林通过 8 级大震烈度研究, 认为该地震震级可能为 8.0~8.5 级^[2]; 文献①根据震级与破裂长度的关系(郭增建, 1973)将该地震定为 7 级; 聂宗笙通过综合研究, 认为该地震震级定为 7.5 级较为适宜. 因此本文取公元 849 年内蒙包头西地震为 7.5 级.

除西南边缘外, 鄂尔多斯周缘活动断裂系有较明显的外边界线. 如果以六盘山—宝鸡断裂作为西南边缘的外界线, 则西南边缘只有 1704 年 1 次 6 级地震, 为活动最弱的一个边. 而鄂尔多斯块体及其周缘构造应力场的主压应力为北东东向^[3], 来自青藏块体的强烈挤压对西南边缘影响最大, 因此西南边缘不应是地震活动最弱的一个边. 1920 年宁夏海原 8.5 级地震发生在鄂尔多斯西南边缘的海原—六盘山—宝鸡断裂带上(张维歧, 1988), 1654 年甘肃天水 8 级地震发生在鄂尔多斯南部边缘的秦岭北缘断裂带与西河—礼县盆地北东向构造的交汇部位^[4], 上述两次大地震在构造上与鄂尔多斯周缘活动断裂有密切联系, 可划为鄂尔多斯块体周缘地震.

2 强震活动的时空特征

2.1 活动分期

据统计, 公元 400~2000 年鄂尔多斯块体周缘共发生 $M_s \geq 6.0$ 地震(剔除前震和余震)56 次, 其中 6.0~6.9 级地震 38 次; 7.0~7.9 级地震 13 次; 8.0~8.5 级地震 5 次. 依据地震活动频度(统计时间单位: 76 年)和强度的起伏变化, 将鄂尔多斯块体周缘划分为 4 个强震活动期(图 1), 每个活动期持续约 445 ± 30 年, 其中平静期持续约 140 ± 15 年, 活跃期持续约 330 ± 35 年(表 1).

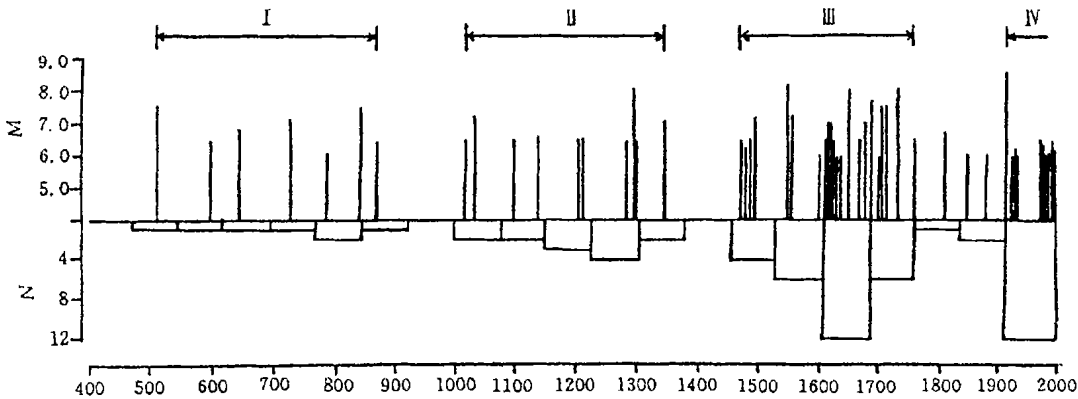


图 1 鄂尔多斯块体周缘 $M_s \geq 6.0$ 地震时间 $M-t$ 图

Fig. 1 The $M-t$ chart of earthquakes in stages around Ordos massif ($M_s \geq 6.0$).

1920 年宁夏海原 8.5 级地震后, 鄂尔多斯块体周缘进入第 IV 个强震活跃期. 80 年来, 该区共发生 $M_s \geq 6.0$ 地震(剔除前震和余震)11 次, 其中 6.0~6.5 级地震 10 次, 8.5 级地震 1 次. 从表 1 对比前 3 个活跃期, 看出目前鄂尔多斯块体周缘缺 7.0~7.9 级地震.

2.2 对跳活动

根据强震活动的时间分期特征, 绘制各活跃期强震空间分布图(图 2). 看出, 每个强震活跃期分为前后两个活跃时段, 其地震分布总以一条对角线或横线分为对称的两个区; 或者说每个时段地震分布是沿两个边活动, 另一个时段跳到另两个边, 每个时段总有两个边不活动. 这

一特征在第 I、II 活跃期尤为明显. 在 1920 年以来的第 IV 活跃期, 强震已在西、北两个边频繁活动过, 东、南两个边尚无 6 级以上地震(图 2d).

表 1 鄂尔多斯块体周缘强震活动分期(公元 400~2000 年)

地震活动期		起止时间/ 公元年	持续时间/ 年	最大震级(M_S)	$M_S \geq 8$ / 次	$M_S 7 \sim 7.9$ / 次	$M_S 6 \sim 6.9$ / 次
I	平静期	~ 511					
	活跃期	512~ 876	365	7.5	—	3	4
II	平静期	877~ 1021	145				
	活跃期	1022~ 1352	331	8	1	2	8
III	平静期	1353~ 1476	124				
	活跃期	1477~ 1765	289	8.2	3	8	13
IV	平静期	1766~ 1919	154	6.7			3
	活跃期	1920~		8.5	1	—	10

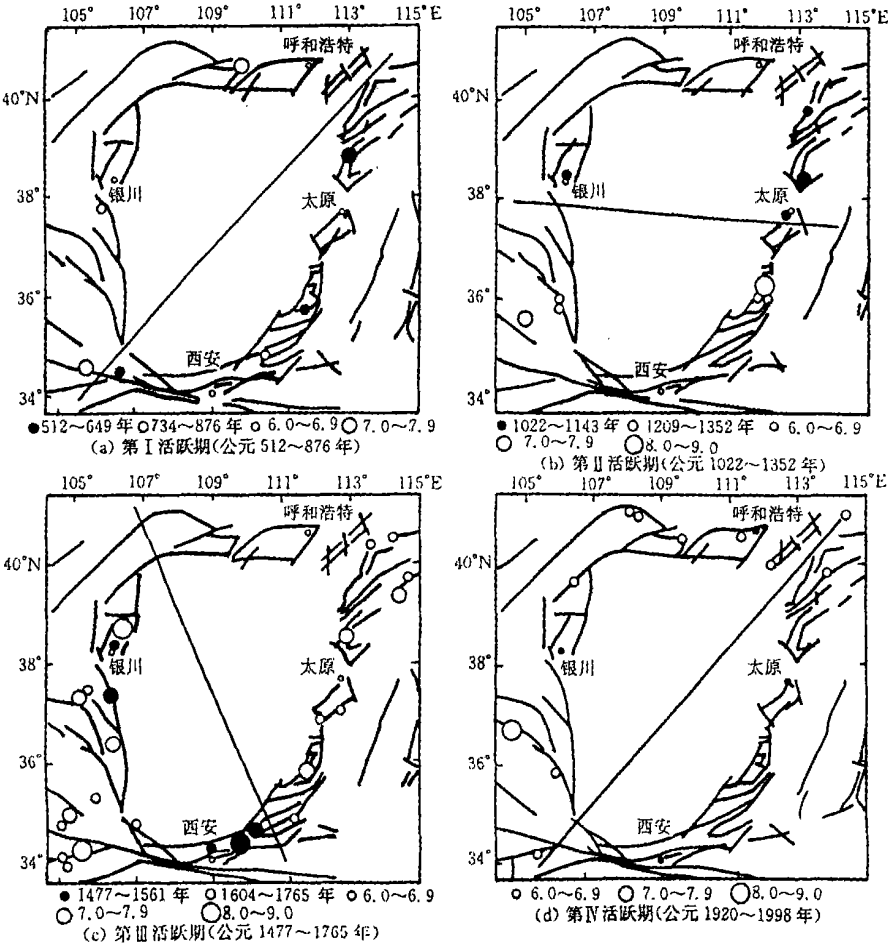


图 2 鄂尔多斯块体周缘 $M_S \geq 6.0$ 地震分布图

Fig. 2 Distribution of $M_S \geq 6.0$ earthquakes around Ordos massif.

2.3 时空迁移特征

统计结果显示, 鄂尔多斯块体周缘 $M_S \geq 6.0$ 地震 80.4% 发生在东侧(山西地震带)和西

侧(南北地震带北段),可见鄂尔多斯块体周缘强震活动以东、西两侧为主.选取鄂尔多斯及东、西两侧(北纬 $34.5^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 东经 $104.5^{\circ} \sim 114.5^{\circ}$) $M_S \geq 6.2$ 地震资料,进行纬向时空投影(图 3).可以看出,鄂尔多斯东、西两侧强震活动具有明显的时空迁移规律,强震活动往往从高纬度区开始,随着时间变化向低纬度区迁移.其中第 I、II 活跃期这种有序特征比较明显;第 III、IV 活跃期除 1709 年宁夏中卫 7.5 级地震外,仍可清楚地显示出有序迁移特征.

2.4 填空性与重复性

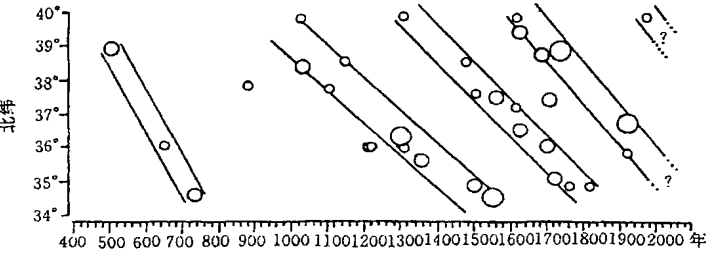


图 3 鄂尔多斯东、西两侧 $M_S \geq 6.2$ 地震时空迁移图

Fig. 3 Spatial and temporal migrate of $M_S \geq 6.2$ earthquakes on the eastern and western sides of Ordos.

鄂尔多斯块体周缘强震活动具有填空性与重复性特点.统计结果显示: I、II 活跃期无重复地震,也就是说第 II 活跃期的强震均发生在第 I 活跃期的地震空白区; III、IV 活跃期有 1 次重复地震(即第 IV 活跃期的 1936 年甘肃天水 6.0 级地震,发生在 1654 年天水 8 级地震震中附近),其余第 IV 活跃期地震均发生在第 II 活跃期的地震空白区.

把 I ~ IV 活跃期叠加一起,看出研究范围内的 56 次地震中有 36 次为填空地震,占 64.3%; 9 次为重复地震,占 16.1%; 11 次为同一活跃期内在同一地点持续活动的地震,占 19.6%. 可见鄂尔多斯块体周缘强震活动以填空为主.

由上可知,鄂尔多斯块体周缘重复地震主要发生在第 II 和第 IV 活跃期之间,也就是说鄂尔多斯块体周缘在 I、II 活跃期完成了一个强震填空活动周期,在 III、IV 活跃期又进入了新的一个强震填空活动周期.

2.5 $M_S \geq 7.5$ 地震空间分布特征

公元 400 年以来,鄂尔多斯周缘共发生 $M_S \geq 7.5$ 地震 10 次,其中 $M_S \geq 8.0$ 地震 5 次.除西南边缘 4 次地震发生在与青藏块体衔接的弧形断裂带上,其余地震分别发生在忻定盆地、河套断陷带、临汾盆地、渭河断陷带和银川盆地.从空间分布看, $M_S \geq 7.5$ 地震沿鄂尔多斯周缘断陷盆地呈等间隔分布(图 4),总体上构成一个长轴为北东向的地震环.

以鄂尔多斯南西—北东对角线为纵轴,以 1739 年宁夏平罗 8 级地震与 1303 年山西洪洞 8 级地震的连线为横轴,将鄂尔多斯块体及其周缘分为四个象限(图 4).可以看出,鄂尔多斯块体周缘地震活动水平以第 II 象限最高,第 IV 象限次之,第 II 象限最弱.就是说,鄂尔多斯周缘地震活动水平西部高于东部,

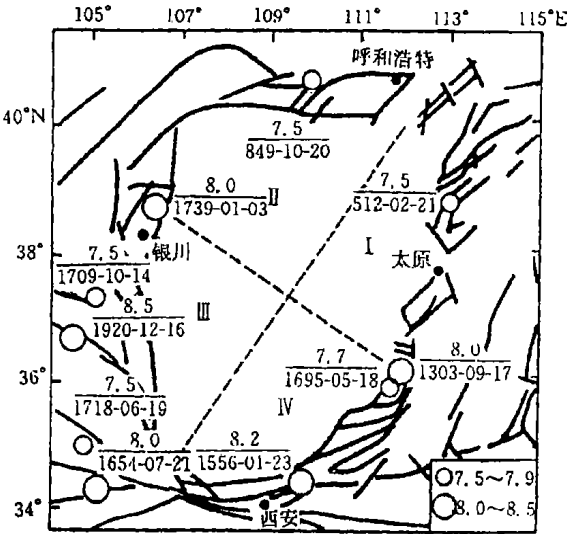


图 4 鄂尔多斯周缘 $M_S \geq 7.5$ 地震分布图

Fig. 4 Distribution of $M_S \geq 7.5$ earthquakes around ordos massif.

南部高于北部,表现出西强东弱、南强北弱特点.

3 地震危险性的分析与讨论

3.1 关于第Ⅳ活跃期强震活跃持续时间和主体活动区的讨论

目前鄂尔多斯块体周缘处于公元 400 年以来第Ⅳ强震活跃期,强震活动的主体地区是西—西南和北—东北两个边(角).如果本活跃期按 330 ± 35 年计算,那么从 1920 年海原 8.5 级地震开始至今已经过去 80 年,强震活跃仍将持续 250 ± 35 年.根据强震对跳活动特征,在本活跃期前半时段,即未来 85 ± 17 年内,鄂尔多斯块体周缘仍将保持现有的强震活动格局.

3.2 下一个 7 级地震的地点和时间分析

1920 年宁夏海原 8.5 级地震以来,鄂尔多斯块体周缘先后发生 $M_s \geq 6.0$ 地震 11 次.从表 1 可以看出,目前鄂尔多斯块体周缘缺 7 级地震,发震概率为 0.75.

为了便于分析,用虚线将鄂尔多斯块体周缘分为东、西、南、北四部分(图 5),并分别统计每个活跃期前、后两个时段的地震活动情况(表 2).结果显示,1920 年以来鄂尔多斯块体西、北两个强震活动的边,折合震级差为 1.74,明显大于前 6 个统计时段的折合震级差.就是说北部边缘目前地震释放能量偏低,仍缺 7 级地震.因此,北部边缘可能是未来 7 级地震的危险区.

以 1929 年呼和浩特 6.0 级地震为标志,鄂尔多斯北缘——阴山地震带中强地震开始活动,特别是 1976 年以来,阴山地震带中强地震频发,在 20 多年的时间里,该带先后发生 6 次 6.0~6.4 级地震,而其它三个边缘仍保持 6 级地震平静的格局.如前所述,如果鄂尔多斯块体周缘下一个 7 级地震的危险区在北部边缘,那么上述 6 级地震频发的意义就不再是简单的地震增强活动,而可能是未来 7 级地震的先兆.根据鄂尔多斯东、西两侧强震活动从高纬度区开始,随着时间变化向低纬度区迁移的特点,北纬 40° 线附近的强震活动将在 2020 年前后结束.

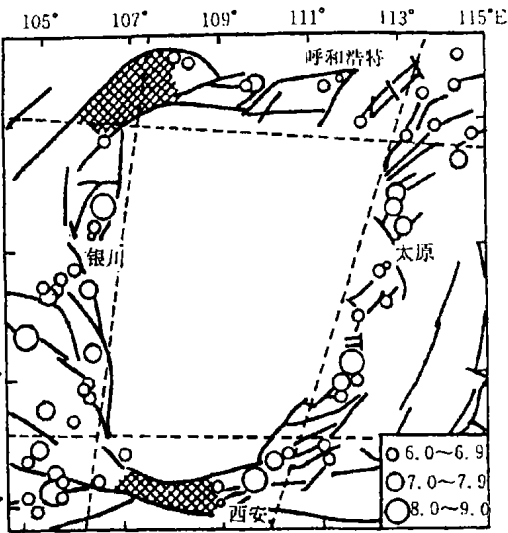


图 5 鄂尔多斯周缘 $M_s \geq 6.0$ 地震分布图

Fig. 5 Distribution of $M_s \geq 6.0$ earthquakes around ordos massif.

20 年是阴山地震带东、7 级地震的优势时段.

2 鄂尔多斯块体周缘强震释放能量折合震级与地震对跳迁移统计表

活跃期	统计时段/					$ \Delta M $	
I	512~ 649		> 6	7.52		< 1.52	东→ →
	734~ 876	7.05			7.50	0.45	→ →
II	1022~ 1143	6.50		7.25		0.75	东→ →
	1209~ 1352	7.09	—	8.01	—	0.92	→ → →
III	1477~ 1561	7.25	8.21		—	0.96	西→ → → →
	1604~ 1765	8.25		7.21		0.48	→ → → →
IV	1920~ 1998	8.50	—	—	6.76	1.74	西→ → →

3.3 6 级地震危险性分析

目前鄂尔多斯块体周缘存在两个明显的 6 级地震空段(5), () (). 400 年以来鄂尔多斯块体周缘 8 个边、. , 1920 年以来, 、, → → →, $M_s \geq 6.0$ 地震活动将向西 部边缘迁移, P =0.67. 、 (3), $M_s \geq 6.2$ 地震的危险区在西南角北纬 35° .

[]

[1] 《 》 . [M] . : . 1988.
[2] . [J] . , 1985, 7(): 13—23.
[3] . [J] . , 1985, 7(): 1—9.
[4] . [M] . : , 1991.

THE SPATIAL AND TEMPORAL ACTIVITY CHARACTERISTICS OF STRONG EARTHQUAKES AND SEISMIC RISK ANALYSIS AROUND ORDOS MASSIF

CAO Jing-quan
(Seismological Bureau of Inner Mongolia , Huhhot 010051, China)

Abstract: The spatial and temporal activity characteristics of strong earthquakes around Ordos massif ($34^{\circ} \sim 42^{\circ} \text{N}$, $104.5^{\circ} \sim 114.5^{\circ} \text{E}$) are studied by using the earthquake data ($M_s \geq 6.0$) from A. D. 400 to 2000. The result shows that there are characteristics of active in stages, the spatial and temporal order in migration, filling seismic gaps and epicenters repeat, distribution of strong earthquakes be equal in distance. The seismic risk analysis shows that the possible places of next M_s 7 earthquake are both ends on Yinshan seismic zone in north margin of Ordos massif.
Key words: Around Ordos massif; Strong earthquake; The spatial and temporal characteristics; Seismic risk