

鄂尔多斯块体北部边缘发生 强震的危险性

孙加林

(内蒙古自治区地震局)

引言

鄂尔多斯块体(以下简称鄂块体)以它的稳定性和四周断陷盆地强震,特大地震丛集而为世人瞩目。公元1000年以来,鄂块体四周共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震共112次,东、南、西部边缘发生7级以上强震19次,其中 ≥ 8 级地震5次,它们是临汾盆地1303年洪洞8.0、1695年临汾8.0;渭河盆地1556年华县8.0;银川盆地的1739年平罗8.0;及1920年海源8.5级特大地震等,唯独鄂块体北部边缘无7级以上地震的记载。因此在一些文献中把阴山山前的河套盆地确定为弱震活动区(带)^[1]。在文献[2],圈定的全国23条地震带中,围绕鄂块体有山西带、渭河平原带、银川带、六盘山带以及燕山带的一部分等,而无阴山带。有人认为块体北界是明显缺大震的地段;也有人认为稳定的鄂块体对强大的应力场起到阻碍屏障作用,造成块体北部边缘不具有发生大震的动力条件。然而,近年来,河套盆地及其边缘中强地震接连发生,使人们对其强震危险性给以新的重视。通过对河套盆地的形成机制、构造条件、历史地震考证、及对近年来中强地震活动的一系列特征的研究,本文认为鄂块体北部边缘发生强震的可能性已不能忽视。

一、河套盆地与渭河盆地有相同的 形成机制和发生强震的构造条件

河套断陷盆地在中生代时期是鄂尔多斯拗陷的一部分,侏罗纪末期燕山运动使盆地发生一次强烈的构造运动,构成盆地的基底。在此基础上接受了早白垩世沉积,晚白垩世又有抬升运动。后由于喜马拉雅运动的强烈活动,阴山山地和鄂尔多斯高原整体抬升,河套盆地强烈下沉,接受大面积包括第四纪在内的新生代沉积⁽¹⁾。由于强烈的重直差异运动,形成数条山前和盆地内部的深大断裂,切割盆地,形成今日断陷盆地之貌。关于河套盆地地质构造特征及断裂活动已有很多研究成果,在此不再赘述。据物探钻探资料,河套断陷为南浅北深不对称的箕状结构。沉降中心在狼山、色尔腾山山前一带。地质部第三普查大队等单位资料(1969、1980)指出沉积厚度最大处为杭锦后旗——五原、约为7000—9000米,哈腾套海地震反射面深度达10000米⁽²⁾、⁽³⁾。石油部长庆油田地震调查指挥部成果

(1) 杨发等,河套盆地新构造运动与地震,华北地震学术交流会文集,1981

(2) 地质部第三普查大队,1968年河套地区地质工作总结报告,1969

(3) 陈家强,河套盆地构造概貌,1980

(1980) 提供, 河套盆地新生代最大沉积厚度为7600米, 第三纪厚度为5500米, 第四纪为2100米, 据临河附近钻探资料证实, 第四纪厚度为908米⁽⁴⁾。这些资料充分证明新生代以来河套盆地构造运动十分强烈(图1)。文献〔1〕认为河套盆地是一个沉降不深的现代沉积盆地, 其重要原因是缺少上

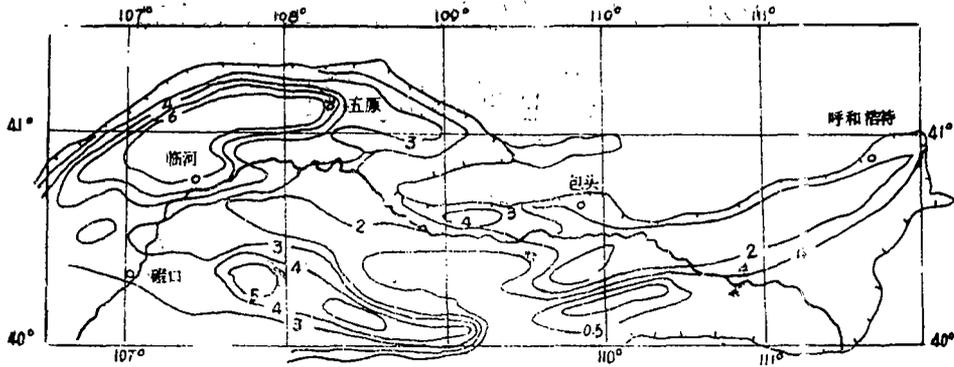


图1 内蒙古河套盆地新生代以来沉积厚度(km)

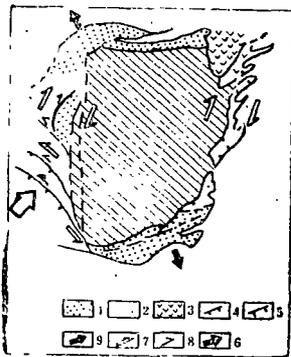


图2 华北西部新生代断陷盆地形成模式

1. 早第三纪发育的盆地; 2. 晚第三纪发育的盆地; 3. 玄武岩;
4. 正断层; 5. 逆断层; 6. 盆地的拉开方向; 7. 构造带的剪切方向; 8. 断层的剪切方向; 9. 区域应力方向

述资料。河套盆地的东部(呼和浩特—包头地区)新生代沉积厚度4000米—5000米, 第四纪厚度为500米左右, 并有由西向东裂开扩展的趋势。呼包地区断陷活动是新生代以来开始发育起来的。

与河套断陷盆地相对, 鄂块体东南边缘是渭河盆地。它与河套盆地有相似特征。从早第三纪开始发育, 新生代沉积厚度近6000米, 其中第四纪为1295米, 南深北浅, 与河套断陷对称。北东方向的山西地槽于晚第三纪开始发育, 沉积厚度较薄⁽⁵⁾。汪良谋等人认为华北西部盆地的形成和发展主要与剪切的末端效应有关, 当青藏高原强大的北东向挤压作用于稳定的鄂块体时, 块体的西部边缘必然发生强烈变形。这种变形主要是由剪切变位来完成。河套盆地主要吸收南北向、北东向的断裂右旋扭动; 渭河盆地主要吸收北西向断层的左旋扭动(图2)。因此河套盆地与渭河盆地的形成和发展有相同的机制, 具有统一的动力学特点。

众所周知, 华北地区强震均与断陷活动有极密切关系。渭河盆地是一个频度较低、周期较长, 强度却较大的地震活动区, 1556年华县8级大地震就发生在这里。既然河套盆地与渭河盆地有相同的形成和发展机制, 前者较后者有更巨厚的新生代沉积和更强烈的构造运动, 既使河套盆地强震活动复发周期可能更长些, 但绝不应无强震发生。

二、公元849年振伍、天德、河西大地震实为河套大地震

中国地震工作小组办公室主编的《中国地震目录》^[3]记有“849年(唐宣宗大中三年十月一日)上都(西安)及振伍(陕西西北角至和林格尔)、河西(武威地区)、天德(内蒙古安北一带), 灵武、盐、夏等州地震, 坏庐舍, 压死数千人。震中不明。”

(4) 石油部长庆油田地质调查指挥部, 内蒙古自治区临河地区地震勘探成果总结报告, 1980

(5) 汪良谋等, 河套断陷盆地新生代断裂活动和地震活动的特点兼论华北西部新生代断陷盆地的形成机制,

经查历史文献找到以下几个出处^⑥：

(1) 《旧唐书》卷十八下《宣宗记》，“唐宣宗大中三年十月辛巳，京师地震。河西、天德、灵夏尤甚，戍卒压死者数千人”。

(2) 《朔平府志·祥异志》，第四页，“宣宗大中三年十月辛巳，天德军、振伍军地震。坏庐舍，压死数千人”。

(3) 《旧唐书·五行志》“唐宣宗大中三年十月振伍、河西、天德等处地震，坏庐舍，压死数千人”。

(4) 此外，《绥远通志稿》、《山西通志》、《文献通考》等都有类似的记载。

上述几份文献中的地名经《内蒙古历代自然灾害史料》编写组考证⁽⁶⁾：

振伍（振伍军）：领有麟，胜二州及单于都护府，即今内蒙古呼和浩特市、包头市、乌兰察布盟西南部，伊克昭盟东部等地区。

天德（天德军）：在今内蒙古巴彦淖尔盟的乌梁素海畔五原县东北、乌拉特前旗一带。

河西：指黄河以西，包括内蒙古的伊克昭盟，阿拉善盟等地区及陕甘宁等省区交界（并不是河西走廊。

灵州：即今宁夏的灵武县。

夏州：州治在今内蒙古伊克昭盟的乌审旗白城子，辖及内蒙古杭锦旗、乌审旗等地区。

盐州：可能为今盐池一带。

朔平府：清置雍正元年辖及归化城（乾隆六年改为归绥道）。雍正十二年（1734年）辖有宁朔卫及怀远所。乾隆十五年卫所改为宁远厅，即今内蒙古凉城、卓资、察右中旗等地区。

由此可见：

1. 849年大地震波及范围东到内蒙古凉城、卓资县，西到内蒙古阿拉善盟及甘肃武威；南到西

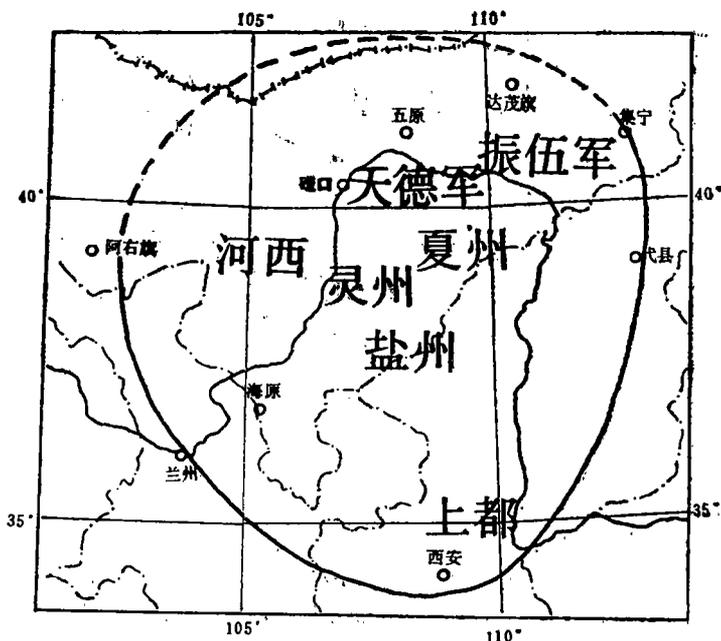


图 8 849年河套大地震波及范围

•部分是杨志国同志查阅的

(6) 陈志仁、李忠孚等，内蒙古历代自然灾害史料，1982

安。地震震中区在呼和浩特、包头、五原、乌拉特前旗、乌审旗、杭锦旗及宁夏灵武等广大地区(图8)。

2. 《旧唐书》称849年大地震为京师地震明显是不合适的。若震中区在西安,那当时繁华的京师和汾渭地区一定会造成极大破坏,必有更多更详细的历史记载,并且地震波及范围将是西安为中心,广大中原地区必在其内。然而在北纬37°线以南的广大地区仅记有“上都”(可能西安地区仅为有感)。因此地震必在鄂尔多斯块体的北部。

3. 849年大地震在《旧唐书》、《朔平府志》、《五行志》等记载中均提到天德、振伍、河西。振伍系今内蒙包头、呼和浩特、清水河、和林格尔等地;天德系今内蒙五原、乌拉特前、中后旗;河西系今内蒙阿拉善盟、伊克昭盟西部及宁、甘、陕交界地区。历史记载中还提到夏州、灵州、盐州、即今日内蒙古伊克昭盟中部到宁夏灵武、盐池一带。可见本次地震在鄂块体北缘是确定无疑的。在《旧唐书》中较清楚地指出压死的数千人为“戍卒”,即在边郡守卫的士兵,若地震是在西安等地,绝不会仅压死“戍卒”。

4. 图4绘出1739年平罗8级大地震烈度图[3],极震区为十度强,六一七度区东未过黄河、南未过北纬36°线、北未到河套盆地。在[3]中的“震害情况”栏中也没有河套地区破坏和震感的任何记载。可见849年大地震波及范围远比平罗地震偏东,也说明849年大地震不在银川盆地、更不是京师地震。图5绘出1556年华县8级大地震烈度图[3],也可类比。

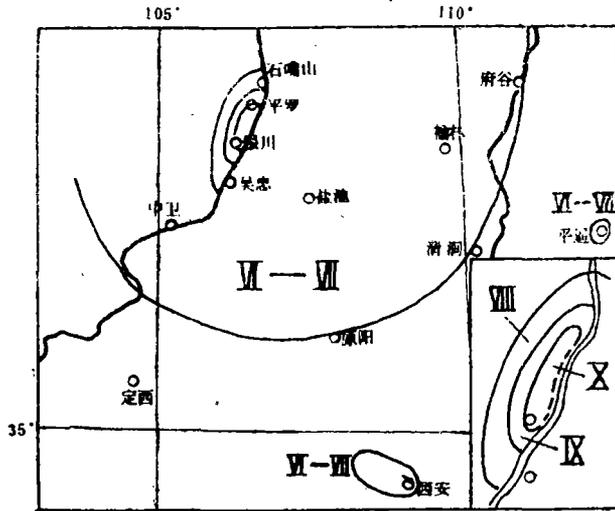


图4 1739年银川地震烈度图

5. 849年大地震发生在河套盆地,向南衰减很慢,向北衰减很快,这是由于阴山山地,及山前育狼山、色尔腾山、乌拉山、大青山等一系列东西走向的深大断裂,对震波有一定阻挡作用。阴山以北内蒙古高原,唐时居住着以游牧为生的突厥族,故震害及有感程度均难以考证,也无记载。

6. 此外,我国8级大震震例说明,在震前一年左右,震中附近常有6级左右地震发生。《云中郡志》(6)记有“唐宣宗大中二年十月,天德、振伍军地震,坏庐舍,压死数十人”。唐宣宗大中二年正是849年的前一年,即848年,该震压死数十人,地点在内蒙古五原、乌拉特前旗、包头、呼和浩特一带,若此震确实存在,也可更进一步证明849年大地震就是发生在河套盆地。当然也可能是“大中三年及“压死数千人”之误。

综合上述,849年大地震震级可能为8.0—8.5级,因它波及范围远大于平罗8级地震,也大于华县8级大震。并且在人烟稀少的北部州郡压死“戍卒”数千人,可见地震之大。849年大地震发生地

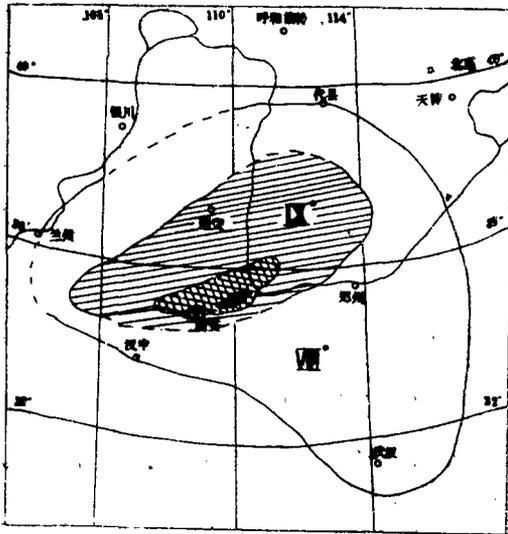


图5 1556年华县大地震波及范围

还是八十余之别。

《内蒙古历代自然灾害史料》提供：“京师”为西汉京都长安，“北边昭国”为当时的河西郡（内蒙古的伊克昭盟、阿拉善盟和宁、陕、甘的一部分）、北部郡（现在的内蒙古乌海市、伊盟西南的一部、五原郡（现内蒙古五原、乌拉特前旗、包头等地）、云中郡（现内蒙古呼和浩特、乌兰察布盟西南），定襄郡（现山西省忻定地区）。可见这次地震中心就在内蒙古河套盆地。地震波及范围东到山西定襄、西到黄河以西，与849年大地震类同。在两千年前的西汉时期，这个地区人烟稀少，还“凡杀415人”可见地震之大。

由公元前7年、公元849年两次大地震的考证，证明鄂块体北缘，即河套盆地历史上是曾发生过强烈、乃至特大地震的，近几十年在这个地区又发生近十次6级左右中强地震，因此将该地区称为阴山地震带或河套盆地地震带（以下简称阴山带）是有较充分根据的。

三、近年来阴山带中强地震活动的某些异常特征

《内蒙古历代自然灾害史料》上统计从战国时代到清末，内蒙古地区共有88次震害。除公元前7年、公元849年两次大地震及1290年宁城 $6\frac{3}{4}$ 级地震外，对其它地震的地点、强度均无法考证。在近代历史上，阴山带曾发生过数次中强地震，但中等和中小地震缺乏记录。1954年建立包头地震台，1973年建立区域台网，因此从1955年起阴山带的中等地震已有较完整记录，1973年以来中小地震也有较好地控制。通过对阴山带近代和近年来地震活动的研究，认为有如下异常特征。

1. 近年来鄂块体北缘地震活动明显强、中强地震成丛发生

在我国本世纪第二地震活动高潮期的末期，阴山带先后曾发生1929年呼和浩特西6.0、1934年五原 $6\frac{1}{4}$ 级地震。之后地震活动相对平静了22年。1958年以来，4级左右地震逐渐增多，到1976年，与我国华北、西南地区强震活动相同步，发生一系列中强地震，至今仍持续不断。其中有1976年和林

点为鄂块体边缘的河套盆地，因为发生在1739年（即清乾隆4年）的平罗大地震并未波及河套盆地，相反在此之前800多年、远在唐朝宣宗年间的849年大地震在多处历史文献中均记有振伍、天德等地。并在849年的前一年该地区就有“凡死数十人”的6级左右地震的记载。

849大地震，距今已1000余年，早于渭河盆地、临汾盆地、银川盆地的8级大震。因此，鄂块体四周各地震活动区再次出现活跃，是否河套盆地要先于山西带、渭河带、银川带。

在《中国地震目录》还记有一次“震中不明”的大地震，即公元前7年（汉绥和二年九月丙辰，地震，自京师至北边郡国八十有余，坏城廓，死415人”。^[8]

查《文献通考》、《古今图书集成》记有“汉成帝绥和二年九月丙辰，地震自京至北边郡国三十余，坏城廓、凡杀四百一十五人。”这与^[8]描述基本一致，仅“北边郡国三十余”。

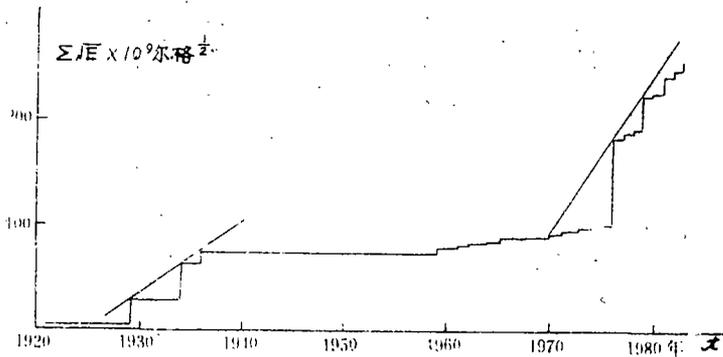


图6 阴山带 ($\phi_{M}39^{\circ}-42^{\circ}$, $\lambda_{E}106^{\circ}-114^{\circ}$) 应变释放曲线

格尔6.3、1976年巴音木仁6.2、1979年五原6.0、5.2、1981年丰镇5.8、1983年磴口5.2级等，此外，还有16次4级以上中强地震，呈现明显的地震活动增强、应变能加速释放的状态（图6）。这在有文字记载和有仪器记录地震的历史上未曾有过。李孟奎、丁蕴玉等人研究表明，大地震前若干年，在强震孕育区周围有一个中强地震明显增强，集中活动现象。本世纪我国大陆地震活动的第四个高潮期已于1976年结束，目前处于相对平静时期，而内蒙古阴山山前地震活动尚无明显减弱的迹象。在1983年刚刚过去的几个月，又在磴口和包头西先后发生5.2和4次4级以上地震。

李钦祖等人研究华北地区大地震的成组活动现象^[4]，认为华北地区6级以上地震大多数都是成组孕育的。并给出1000年以来，共16组84次强震的时空图象，指出1976年发生的和林格尔6.3、巴音木仁6.2级地震已不属于从邢台到唐山的那组地震，而是另一组地震的前驱。作者支持此种观点。自1976年发生和林格尔6.3、巴音木仁6.2级地震之后，阴山带又发生五原6.0、丰镇5.8、磴口5.2级和多次4级上地震（图7）。鄂块体北部边缘近年来中强地震成组、丛集发生的图象和应变释放明显加快的趋势是十分醒目的。

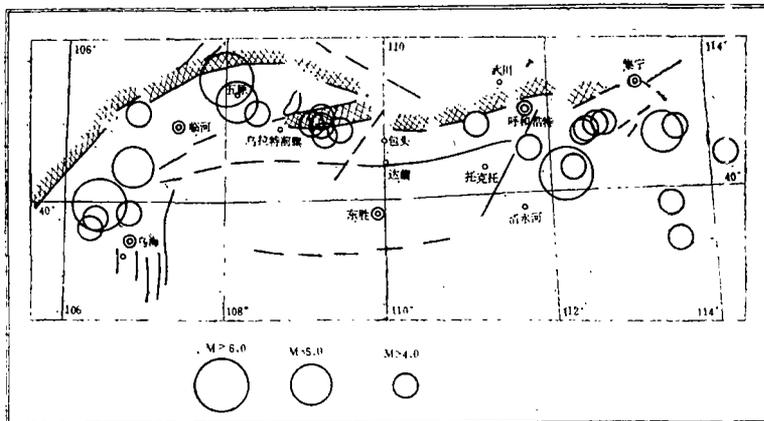


图7 阴山带1976年以来 $M_s \geq 4.0$ 级地震分布

2. 鄂块体北缘地震活动多年来呈现大面积收缩集中现象

内蒙古地区地震活动存在明显的区域性。在不同时期，地震活动主要分布在特定区域。自六十年代以来，内蒙古地区的4级以上地震主要分布在东经 $106^{\circ}-114^{\circ}$ ，北纬 $39^{\circ}-42^{\circ}$ 间，共发生 ≥ 4 级地震64次，在此存在这样的特征，随时间进程，4级以上地震自1958年从盆地外围活动逐渐收缩，1970

—1975年集中到山前断陷盆地内，之后发生中强地震[5]。从1976年至现在，4级以上地震仍在河套盆地内发生，没有向外扩散的迹象(图8. a. b. c. d)。国内一些强震前中等地震活动的时空特征表明，上述中等地震活动似乎予示在河套盆地存在更强地震孕育的迹象。目前在狼山山前、呼和浩特—包头之间等明显存在几个4级地震活动空段。

3. 河套盆地西域存在大面积低b值区，阴山带b值外推、缺较大地震

做1958年以来的鄂块体北缘地区发生的 $M_s \geq 3.5$ 级地震的震级—频度拟合曲线，得 $b = 0.612$ ， $a = 4.19$ 。从图9明显看到，缺7级左右强震。1979年五原6.0级地震后，内蒙古大范围b值时空扫描(7)发现：原和林格尔地区的低b值区向东转移，五原地区低b值区向西(狼山—乌兰泰)扩大(图10)，目前河套盆地西域地区b值仅为0.4—0.5。

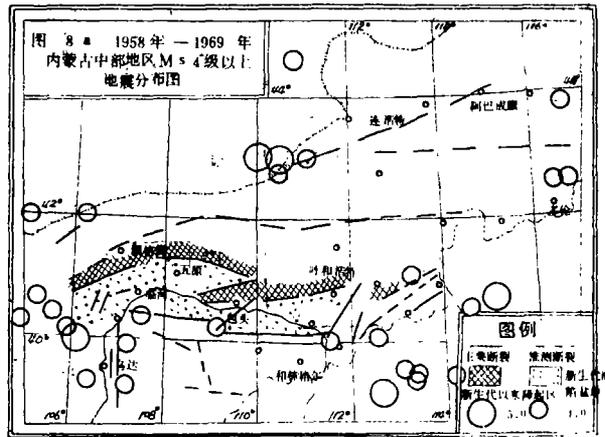


图8a 1958年—1969年内蒙古中部地区Ms 4级以上地震分布在断陷盆地周围

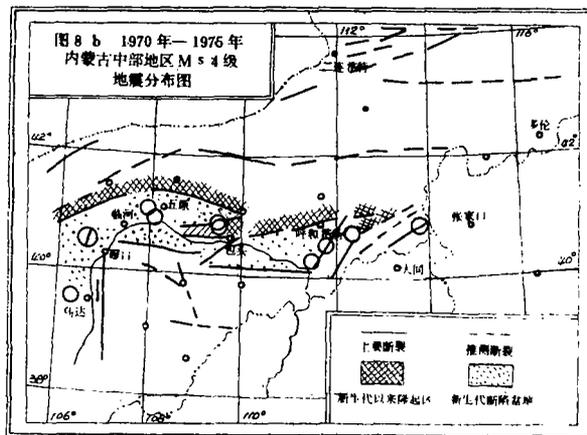


图8b 1970—1975年内蒙古中部地区Ms 4级地震分布在断陷盆地内

(7) 耿洪，章爱娣，内蒙古b地区值区时空扫描，(1981)

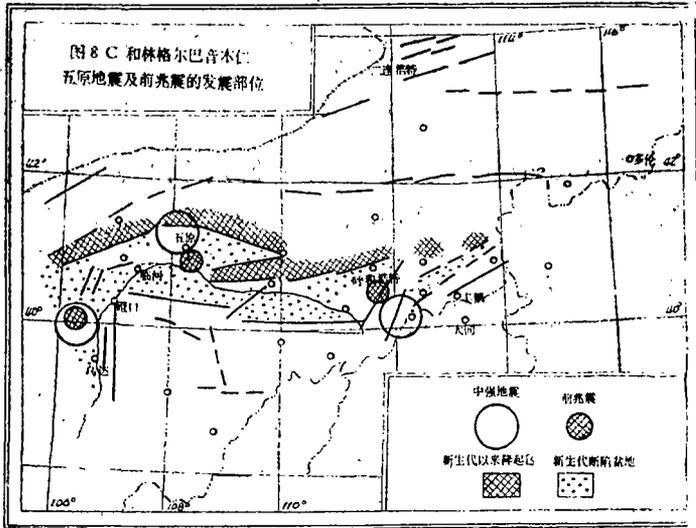


图8c 和林格尔, 巴音木仁, 五原地震及前兆震的发展部位

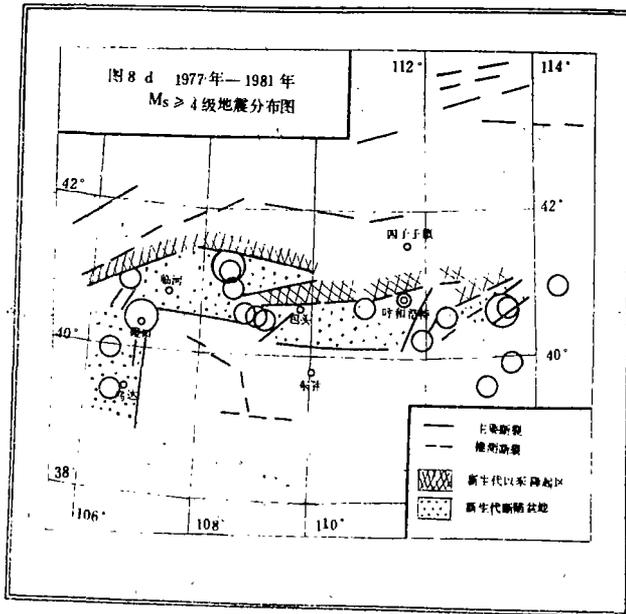


图8d 1977—1981年Ms ≥ 4级地震分布

4. 近年来鄂块体西北、东北边缘中地震频繁成对发生

郭增建注意和研究了鄂块体四周边缘强震迁移和呼应发生的问题, 说明鄂块体四周强震活动有整体性。但这种整体活动并不是时时在进行, 而是在特定的时期, 与地壳某种运动及区域应力场的某种增强有关。1976年华北块体北界, 在和林格尔——凉城, 唐山——宁河, 巴音木仁——磴口三个地段先后发生一系列强震、中强地震, 它们与各自的强余震存在明显的彼此呼应牵动发生的规律^[8], 其中和林格尔6.3和巴音木仁6.2级地震就发生在鄂块体东北和西北边缘。1978年上半年, 在狼山山前连

(8) 孙加林, 和林格尔6.3、唐山7.8、巴音木仁6.2级地震呼应关系的初步探讨、1978

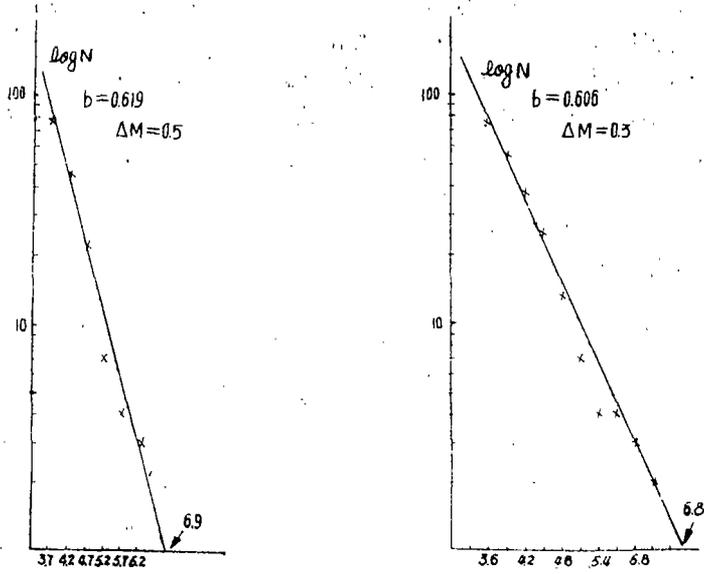


图9 阴山带 (1958—1983) 震级分配曲线

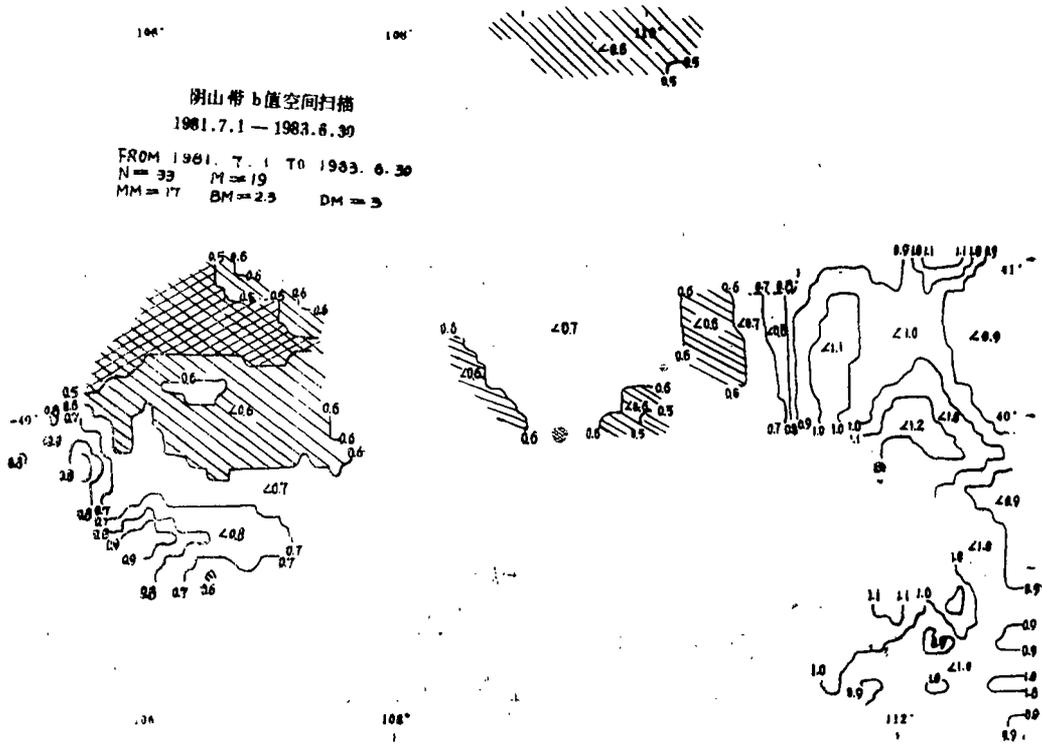


图10 阴山带b值空间扫描1981.7.1—1983.6.30

续发生几次4级左右地震，与此相对应在大同盆地也连续发生几次4.5级地震，之后这种呼应牵动发震现象又扩大到山西带的北段和南北段的北段。如1979年8月25日在河套盆地北缘发生五原6.0⁰级地震，在此之前，6月19日在太原盆地发生介休5.1级地震；1979年11月6日在银川盆地发生强烈有感4.6级地震，同一天在山西忻定盆地发生代县震群 ($M_{max}=3.8$)；1980年8月9日山西带发生平遥5.2级地震，之后在南北带北段紧接着发生5次3.8—4.5级地震；1981年8月13日大同盆地北缘发生丰镇5.8级地震，同年巴音木仁发生4.2级地震。

1982年以来，成对发震的现象更加明显(图11)，如1982年1月—10月鄂块体北缘中小地震活动较平静，10月23日在山西带北段发生一次3.3级地震，次日在银川北发生3.6级地震，11月5日银川北发生3.5级地震，11月9日山西带昔阳发生震群活动 ($M_{max}=4.2$)，持续一个月；12月8日在阴山带发生包头西4.6级地震(也是一股震群)，包头西震群兴起之时，昔阳震群恰是停止之日。接着12月10日北京马道峪发生震群 ($M_{max}=4.5$)，12月11日内蒙甘肃交界发生3.4级地震；1983年元月16日，山西带阳曲又出现震群活动 ($M_{max}=4.4$)，第二天，元月17日阴山带和南北带交接处一磴口发生5.2级地震；元月30日内蒙甘肃交界发生3.1级地震，31日河北平原带发生4.8级地震；2月4日、9日、12日、24日包头西分别发生3.2、4.5、4.6、3.2级地震，与此相应山西带、银川带、

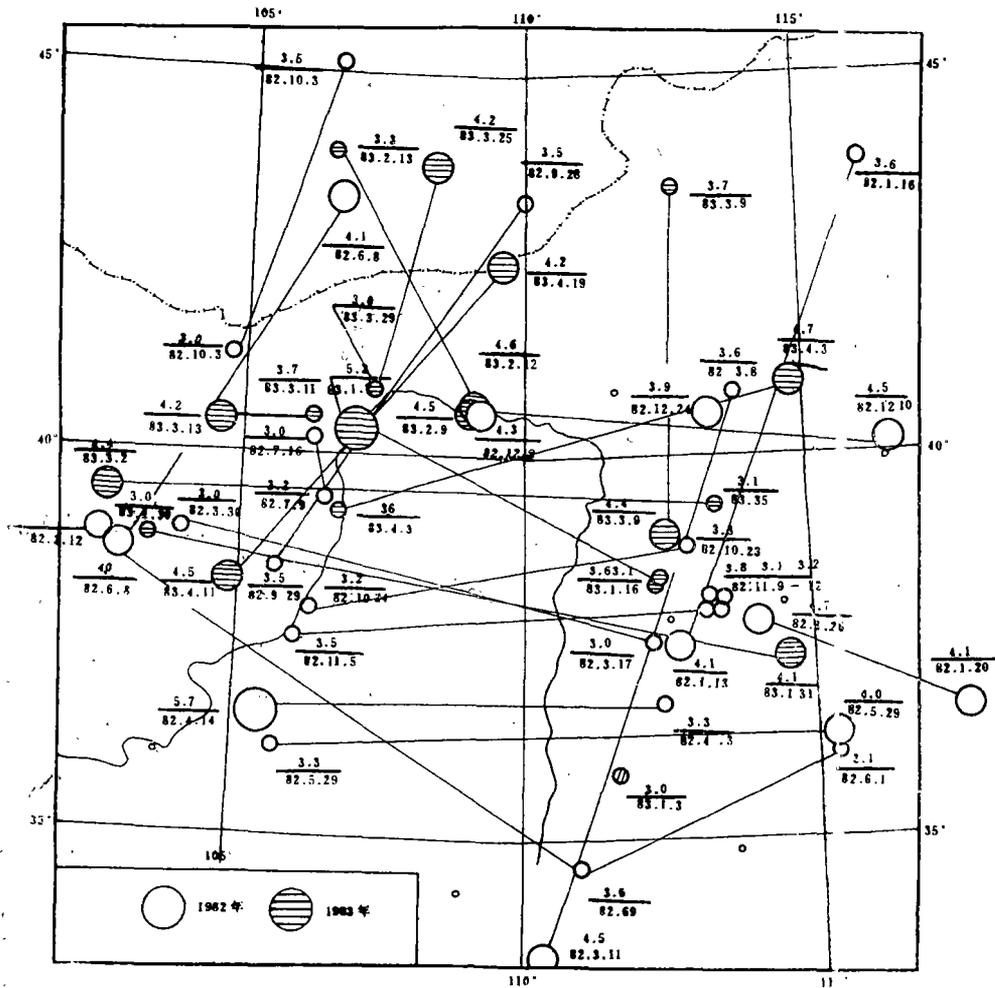


图11 1982年1983年(1—4月) $M_s \geq 3.0$ 级地震分布图

燕山带、河北平原带几乎同时刻分别发生3—4级地震，3月9日在山西带阳曲发生4.3级地震，同日在阴山带北发生3.5级地震，4月3日在张家口发生4.7级地震，同日在银川盆地北发生3.6级地震，4月11日在阿左旗南发生4.5级地震，4月19日在中蒙边界发生4.1级地震。此外，银川盆地、吉兰泰盆地的中等地震与中蒙边界地区中等地震近二年来比较明显存在同时成对发生现象。

上述现象，近年来，特别是近几个月来尤为突出，这反应什么机制还不清楚，但地震在鄂块北缘（包括西缘和东缘的北部）比较活跃是令人注目的事实。

四、结 语

鄂尔多斯块体北部边缘，即阴山山前河套盆地地带，新构造运动强烈、新生代沉积厚度可观，属典型断陷盆地，具有发生强烈地震的构造条件，在历史上曾发生过公元前7年、公元849年两次河套大地震。在近几十年，中强地震频频发生，成为华北地区第四个地震活动期，破坏性地震主要活动场所之一，并至今尚未结束。近年来，中强及中小地震又出现某种大范围的异常活动，因此发生强震的危险性已不可忽视。

参 考 文 献

- [1] 李善邦，中国地震，地震出版社，1981，p274，p307
- [2] 时振梁等，中国地震活动的某些特征，地球物理学报，17，1，1974
- [3] 中央地震工作小组办公室，中国地震目录，第一、二册，科学出版社，1971，p205
- [4] 李钦祖等，华北地区大地震的成组活动特点，地震科学研究，2，1980。
- [5] 孙加林，强震前4级地震活动空间图象的一个实例，地震，6，1981