

# 宁夏地震活动特征的初步探讨

李孟銮 任庆维

(宁夏地震队)

宁夏地处我国南北地震带的北段,是我国多地震的省(区)之一。银川平原和西(吉)、海(原)、固(原)都是我国有名的地震活动区,历史上分别发生过1739年银川——平罗8级地震和1920年海原8.5级地震。1965年以后,宁夏开始布设地震台网,从1970年起台网具有控制 $M_L \geq 2.5$ 级以上地震的能力,南部的西、海、固地区,因有陕西、甘肃的地震台网可以配合使用,控制能力就更高些。本文就是利用历史上破坏性地震和1970年以来的弱震活动资料,对宁夏地震活动的某些特征做一些肤浅的讨论,有不妥之处,请批评指正。

## 一、强震活动特征

强震系指 $M \geq 5$ 级的地震,因为这样的地震在宁夏特别是在西、海、固地区都会程度不同的造成人畜伤亡。房屋倒塌。自公元876年以来,截止于1978年底,宁夏共发生强震40次,它们随时间的分布如表1所示。

表5 宁夏不同强度地震随时间的分布

地震次数 震级	时间	时间			合 计
		876—1600	1601—1900	1901—1978	
5.0~5.9		6	8	10	24
6.0~6.9		5	8	2	10
7.0~7.9		1	2	1	4
$\geq 8.0$			1	1	2
合 计		12	14	14	40

从表1可以看出,公元1600年以前,地震次数明显地偏低,这显然是由于历史记录的原因造成的。根据宁夏文史资料情况,明朝以后记录的破坏性地震比较可信。鉴于这种情况,我们下面主要研究1600年以来的地震活动情况。

### 1. 强震时空分布特征

宁夏地震活动具有频度高,能量大的特点,从北部的石咀山至南部的六盘山区,其面积近七万平方公里\*,包括十八个县、市都程度不同的经受过地震的侵袭。但是各处的地震强

\*不包括阿拉善左旗,因为从1979年7月该旗改属内蒙古自治区管辖

度是不一样的,在时间分布上表现出明显的活跃期和平静期。所谓平静期是指连续一百年无6级以上发生的期间。由图1可以看出,宁夏自十四世纪以来,已表现出两次平静期和两次活跃期,第一次平静期从公元1307—1494年,188年的时间整个宁夏无一次6级以上的地震发生,

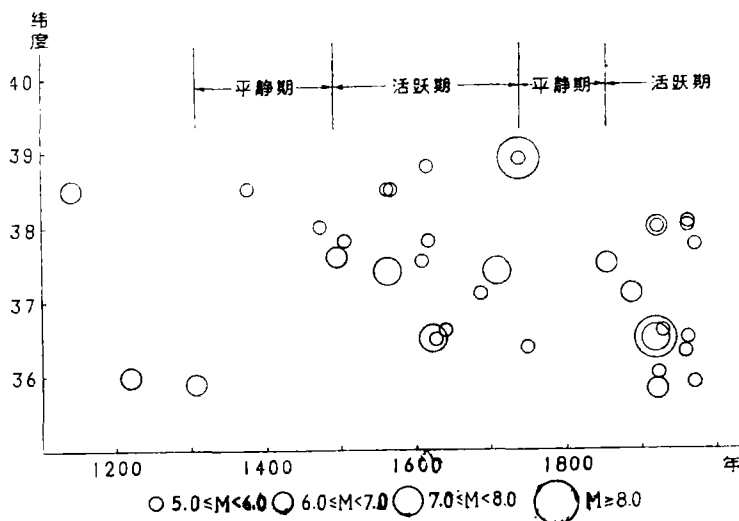


图1 宁夏地震时、空、强变图 ( $M \geq 5$ )

第二次平静期是从1740—1851年,平静时间为112年。两次地震活跃期分别在1495—1739年和1852年至今的两个时间段内,第一次活跃期中发生了六次6级以上的地震,其中最大的是1739年的8级地震,平均年释放应变能为 $0.54 \times 10^{10}$ 尔格 $^{1/2}$ ;第二次活跃期至今近有一百三十年的时间,已发生过六次6级以上的地震,其中最大的是1920年的8.5级地震,平均年释放应变能为 $1.77 \times 10^{10}$ 尔格 $^{1/2}$ 。宁夏两次地震活跃期的时间与华北地区十分相似,据马宗晋同志研究<sup>[1]</sup>,华北地区大体上显示过三次地震强活动阶段,即公元1290—1370年,1480—1730年,1810年至现在。华北的后两次活跃期与宁夏上述活跃期在时间上是大体一致的,不过宁夏活跃期的始、止时间比华北都稍晚些罢了。

上述宁夏第一次活跃期是以1495年中卫东6 $\frac{1}{4}$ 级地震开始。以1739年银川—平罗8级地震结束的。这一活跃期发生的15次破坏性地震中有13次是在中卫、中宁以北的黄河灌区(即图1中北纬37度以北的地区),第二次活跃期是以1852年中卫6级地震开始的,其地震震中集中分布在中卫、中宁以南的西海固地区(即图1中北纬37度以南的地区),这说明宁夏历史地震不仅在时间上有平静期与活跃期相间出现的特点,而且在地点上也有南北两区(以中卫、中宁为界)交替发生的现象。这种南北两区交替活动的现象与其地震最内圈等震线长轴方向的资料(图2)共同说明,宁夏南北两区的发震环境是互不相同的。由图2可以看出,宁夏北部地震的等震线长轴方向是向北北东,北东为优势的,南区地震的等震线长轴方向则以北西,北西西为优势。根据文献<sup>[2][3]</sup>的研究,等震线的长轴方向是反映发震构造的。

另外,本世纪以来,宁夏的破坏性地震发生于两个地区,一个是在1920年海原大震极震

区内的西吉。海原一带，另一个是在北部的灵武。吴忠地区，前者比后者频度更高些。它们之间在时间上表现出有迁移吸应关系，这一点将在下面讨论。

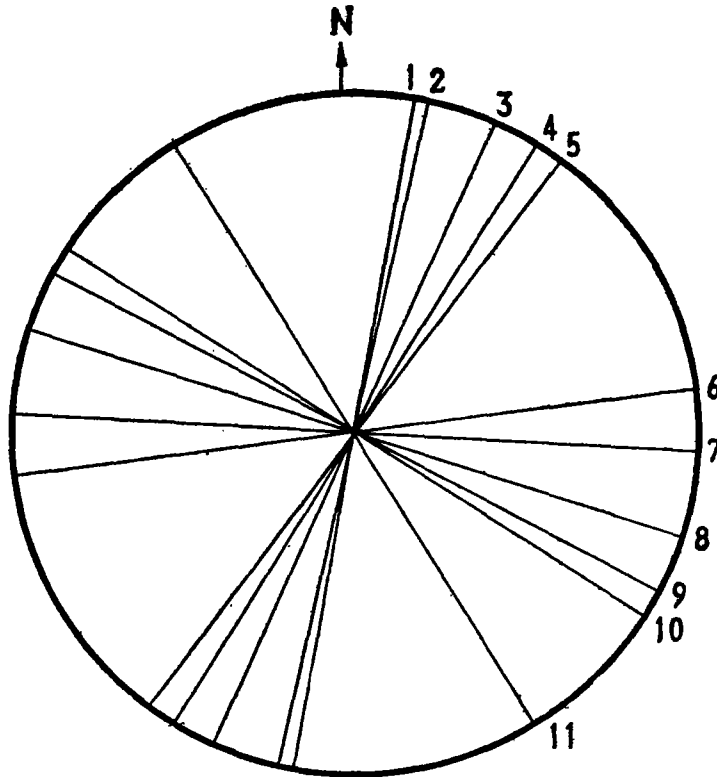


图2 宁夏地震等震线长轴方向

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1.1921.1.7.吴忠5级     | 2.1971.6.28吴忠5.1级   | 3.1739.1.3.银川-平罗8级  |
| 4.1962.12.18吴忠5.5级  | 5.1962.12.7吴忠5.4级   | 6.1627.2.16中宁6级     |
| 7.1709.10.14中卫7.5级  | 8.1962.7.27海源5级     | 9.1561.7.25中宁7 1/4级 |
| 10.1920.12.16海源8.5级 | 11.1970.12.3.西吉5.4级 |                     |

## 2. 宁夏强震活动的序列特征

对地震序列特征的研究，在地震预报中是具有十分重要意义的。根据茂木清夫的研究〔4〕，地震序列特征是与地下介质的均匀程度紧密相关的。据此观点，在一个不太长的时期内，同一地区的地震往往具有相同的序列特征。就宁夏而言，南部的西海固地区其地震序列特征为孤震型（或曰单发式），吴忠、灵武地区其地震序列为双震型，银川、平罗和中卫、中宁地区其地震序列为主震余震型和主震型，现分述如下。

1) **西海固地区** 自1920年以来，该区发生过多破坏性地震，这些地震普遍表现出孤震型的序列特征，它们的前震和余震都很不发育，具体情况详见表2。这些地震的震中位置如图3所示。表2中1934年海原的5级地震和1970年西吉的5.4级地震虽有前震，但数量亦不多，至于余震则没有，1959年景泰5级地震后有3—4级地震活动可能与其位于1920年大震主断层面的端部有关，其余地震则既无前震也无余震。这种单发式地震形成的原因，可能与海原8.5级地震给该区造成的深部构造环境有关，因为大地震发生后，在其震源区内就会因地

表 2 西海固地区中强震的前, 余震活动情况

地震日期	震中位置	震级	前、余震活动情况
1934.9.22	海原	5	震前5小时有三次有感前震 无余震
1939.3.13	靖远	5	无前震亦无余震
1959.1.31 (6时)	西吉	5	无前震亦无余震
1959.1.31 (10时)	景泰	5 $\frac{1}{4}$	无前震 地震后在其附近有3—4级地震活动
1962.7.27	海原	5	无前震亦无余震
1962.10.9	李俊堡	4.7	无前震亦无余震
1967.10.16	打拉池	4.8	无前震亦无余震
1970.12.3	西吉	5.4	震前三天有一次3.5级地震 无余震

震时的错动、破裂、剧烈变形而形成大小不等的软弱区, 在这些软弱区之间仍旧会有较坚硬的地段存在, 在构造应力的继续作用下, 根据孕震的组合模式〔5〕, 较坚硬的地段就可再次错动而发震, 由于这些坚硬地段不长, 所以地震震级也不很大, 其孕震时间也不长。又因为坚硬地段较小且两端都有较软弱的地区, 因此, 地震发生时能量释放的比较彻底, 也就是断层一次错通, 因之中强地震后余震特别少。

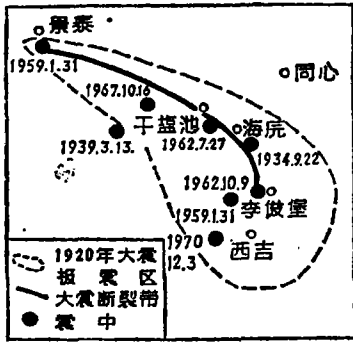


图 3 1920年以来西、海、固及其邻区几次中强震的震中位置

2) 吴忠、灵武地区 吴忠、灵武是宁夏多地震的县份, 自1010年以来, 有记载的破坏性地震有9次, 其中本世纪发生的6次均表现为双震型的序列特征, 如表3所示。

双震型地震的前余震都比较发育, 主震占整个序列中能量的90%以上, 这一点与主震型地震序列是相同的。它与主震型序列的区别在于其主震是以两次震级差小于1的地震为特点的, 两次主震的时间间隔很短, 两次主震震中之间的距离不大于其各自震源区长度的和, 也就是说, 两次主震的震源区有一部分是重叠的, 震源地方的能量几乎是同时储存的。

吴忠、灵武地区的地震之所以具有双震型序列特征可能与这里的地质结构复杂, 多组构造交汇有关, 当一组构造或同一构造的某一段发生地震后, 他组构造或同一构造的别的地段

表 3 1900年以来吴忠、灵武地震情况

地震日期	发震时刻	震级	震中烈度	等震线长轴方向	精度
1921年	1月7日	07—09—45	5		4
	1月7日	17—42—25	6	七	4
1962月	12月7日	17—36—01	5.4	七	1
	12月18日	01—25—39	5.5	七	1
1971年	6月11日	03—27—34.8	4.9		1
	6月28日	13—01—48	5.1	七	1

就有可能相继发震。同时，该区地震强度较低（不超过6级）也与这种构造环境相吻合。

**中卫——中宁和银川——平罗地区** 自有仪器记录以来，这两个地区都没有发生过破坏性地震，历史上发生的强震也都在1739年以前，所以它们的地震序列特征只能从历史文献的记载中加以推测，其中几次较大地震的活动情况如下。

**1627年2月16日中宁6级地震** 据乾隆中卫县志记载，“明万汝义宁夏卫童，随父往田间，忽地震，父惊仆，汝义扶父坐，念母在家内，奔回家时大震不已，妻子均伏地呼救，义未遑顾，惟负母走，甫出门，而门墙倾，俱被压死，义妻及一子获全”。从这段记载可以看出，此震前震比较发育，强度至少在4级以上；又据明史五行志记载，“各营屯堡自正月己巳（2月16日）至二月己亥（3月18日）凡百余震，大如雷、小如鼓、如风，城垣房屋、边墙墩台悉圮”。据此估计，该震的余震也不少，时间持续一个多月。由此可以认为该震序列为主震型。

**1709年10月14日中卫7级地震** 该次地震史料上无前震记载。据中卫县志云，“地震之后”自是连震五十余日，势虽稍减，然犹日夜十余次或二三次，人率露栖，过年始定”。这样看来，此次地震的余震次数很多，延续时间很长，但震级不很高，表现出主震余震型的序列特征。

**1739年1月3日银川——平罗8级地震** 这次地震是宁夏北部最大的一次地震，历史资料中，没有前震记载，皆记陡然大震，这说震前没有发生使人感觉的前震，至于余震，则有一定的记载。据历史资料“十一月二十四日戌时地震起，至二十六日未止”，“宁夏至上年十一月廿四日戌时地震后，地气尚未宁静，每一昼夜间或三四次或一二次不等，俱西北方起，微震片刻即止。惟正月初六日（2月13日）丑未寅初震动稍大，至正月十六日未正三刻猛然震动，又觉稍大于前，上下颠簸者三四遍，两边摇荡十余遍，城中所盖窝铺倒塌十处，居民虽有一二人微伤头面者，并未压毙人口。……询之居民，较之十一月二十四日其震动形势不过十之四五分。”又据故宫档案查知，“宁夏府于四月廿六七两日（即6月2日3日）地复微动，至二十八日又动，为时较长，民间房舍俱无损伤”。乾隆四年八月鄂弥达等人的奏文中提及“六月廿四日（即7月29日）及廿九日（即8月3日）七月初一等日，地复震动有声，墙壁为之撼摇……”。从上述记载可以看出，1739年大地震的余震是相当多的，时间持续了七八个月，其中最大者为2月13日的5级地震。该震的序列特征表现为主震余震型。

值得指出的是以上各区地震的序列特征仅是根据为数很少的地震讨论的，有的仅有一次震例，对此尚待今后进一步补充资料和加深认识。

### 3. 震中迁移

前面已经提到，宁夏历史地震活动的情况表明，北部的银川平原与南部的西海固地区其地震具有交替发生的现象，其发震环境是互不相同的。但是它们之间也并非毫无关系，其关系之一就表现震中的迁移呼应上。在宁夏境内，

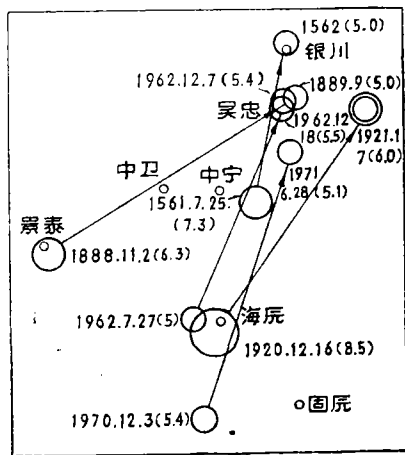


图4 宁夏地震的震中迁移

最明显的震中迁移是由西海固沿北东方向向吴忠、灵武一带一带的迁移，据文献<sup>[6]</sup>的研究，本世纪以来，这样的迁移震例已有三次，其迁移时间最长者为半年，具体情况如图4所示。

上述迁移情况在本世纪以前也出现过，如1561年中宁7级地震后，第二年银川发生5级地震；1888年景泰6级地震后，时隔10个月灵武发生5级地震。由此看来，这种迁移关系并不是偶然的，它反映了宁夏南北两区地震的联系，也可能意味着在宁夏地区的深部有北东向活动构造。

## 二、弱震活动特征

宁夏自1965年开始布设地震台网，1970年以后，弱震资料比较连续可信。根据目前台网的控制能力，漏记 $M_L \geq 2.5$ 级地震的可能性不大，南部的西海固地区因有甘肃陕西两省的地震台网可以配合使用，台网的控制能力更高些。我们对宁夏弱震活动特征的分析，主要是利用了1970—1978年间的资料。

### 1. 弱震活动的情况 1970—

1978年的九年间，宁夏共记到能够测定震中座标的地震八百余次，其中 $M_L \geq 2.3$ 级的地震占半数左右，它们随时间的分布如表4所示。表4中震级介于2.3—2.7级之间的地震次数明显地偏少，这可能是由于2.3—2.5级的地震有的被漏记的缘故，另外，有些单台记录而不能确定震中的地震未列入表中。宁夏在这九年期间 $M_L \geq 3.0$ 级地震的震中分布如图5所示。

由图5可知，几年来宁夏弱震活动主要集中在西海固和银川至吴忠一带。中卫中宁一带弱震活动较少，这种分布情况与本世纪以来宁夏中强震活动是相一致的，上述两个弱震活动区也正是近几十年来5级以上地震发生的地区。在银川——平罗之间，弱震活动很低，这说明1739年大震的极震区目前尚处于平静阶段，这一点与海原大震的极震区是大不相同的，海原大震的极震区目前仍是西海固地区的主要活动区，那里既发生过多次5级左右的地震，也经常有弱震活动。

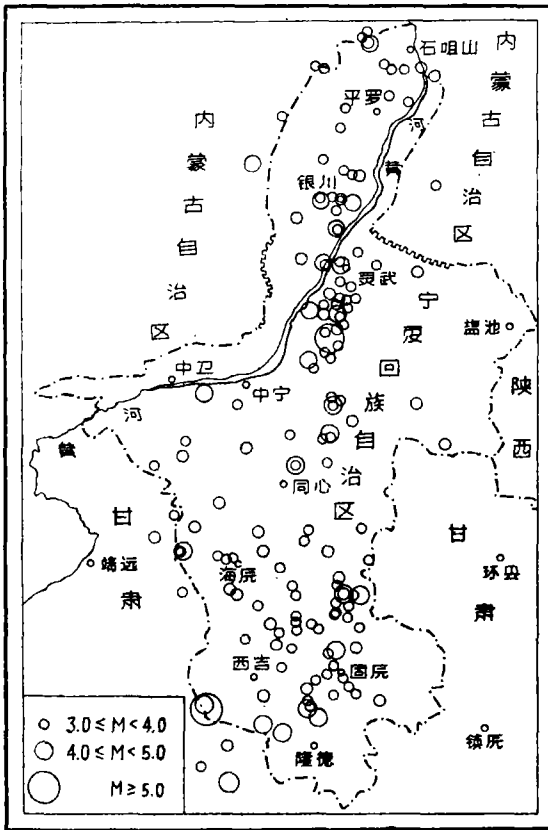


图5 1970—1978年宁夏 $M_L \geq 3.0$ 级地震震中分布图

由图5可以看出，宁夏的弱震震中呈近南北方向分布，固原西北的李旺至三营附近有一弱震活动的空区，空区呈近南北向，长轴约40公里左右；这一现象在今后的地震监视工作中

是应该注意的。

表 4 宁夏近来弱震 ( $M_L \geq 2.3$ ) 频度随时间分布表

地震频度 震级	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	合计
$2.3 \leq M \leq 2.7$	11	38	24	30	21	20	11	19	13	187
$2.8 \leq M \leq 3.2$	13	24	15	19	14	12	5	10	7	109
$3.3 \leq M \leq 3.7$	9	16	9	8	6	6	4	4	8	65
$3.8 \leq M \leq 4.2$	8	4	8	4	0	0	2	1	8	20
$4.3 \leq M \leq 4.7$	0	5	1	8	2	0	1	0	8	15
$M \geq 4.8$	1	2	0	1	0	0	2	0	0	6
合计	37	89	42	65	43	38	25	34	29	402

2. 地震频度与b值 地震震级与频度的关系, 最早是由古登堡、李希特提出的, 其公式为

$$\log N = a - bM$$

一个地区的地震活动水平可以用其频度表示, 也可用b值来表示, b值的大小反映了地下应力状态, 它代表着大小地震之间的比例, 不少学者都对b值进行过研究, 肖尔茨认为, b值主要是作用应力的函数, 地震的次数是破裂面积分布的函数, 而破裂面积的分布是受作用力支配的〔7〕。茂木清夫认为, b值量度了断层区域的大小, 他观测到样品的非均匀程度使b值增加〔7〕。在目前的地震预报实践中, 广泛的应用b值随时间的变化曲线, 这方面有一些成功的例子。图6给出了宁夏南北两区的b值逐年变化, 采用的12个月的步长, 6个月滑动, b值是用积累频度求得的。图7给出了相应的地震频次逐年变化值。

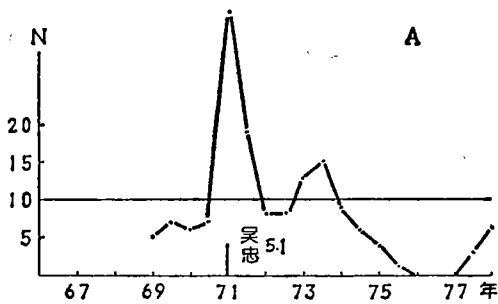


图 6—A 银川—吴忠地区地震频度变化 ( $M_L \geq 2.8$ )

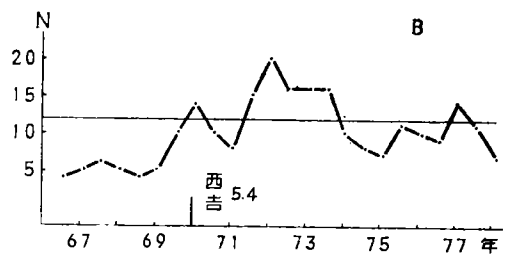


图 6—B 西海固地区地震频度变化 ( $M \geq 2.8$ )

由图6和图7可知, 宁夏1970年西吉5.4级地震和1971年吴忠5.1级地震前, 其b值和频次曲线都分别有异常显示, 其形态都是频度降低, b值下降。据此分析, 宁夏今后几年内, 在北部发生中强震的可能性比南部还要大些。

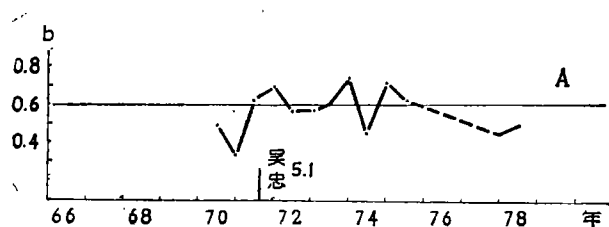


图 7—A 银川—吴忠地区b值

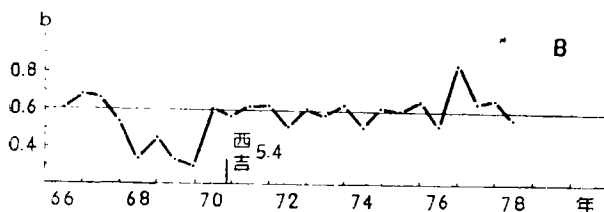


图 7—B 西海固地区b值

## 参 考 文 献

- 〔1〕马宗晋 华北地区的地震地质分析 地震战线 1975年第5期
- 〔2〕李钦祖等 河北地区的震源机制与应力场 地震战线 1976年 第2期
- 〔3〕刘正荣 以耿马、澜沧地震为例再论共轭地震 地震研究 1978年 第4期
- 〔4〕K. Mogi Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relation to the Earthquake Phenomena Bull Earthq Res inst 40 1 1962
- 〔5〕郭增建 秦保燕等 震源孕育模式的初步探讨 地理物理学报 16 1973.
- 〔6〕国家地震局兰州地震大队 宁夏地震队 1920年12月16日的海原大地震 地球物理学报 19 1 1976
- 〔7〕肖尔茨 国外地震 1975年 第2期