

海原5.5级地震前兆的初步总结

1. 地震概况

1982年4月14日14点36分56.4秒，在宁夏海原县西北蒿川公社发生了一次5.5级地震。

距震中最近的海原地震台(震中距约30公里)以及震后两个临时台(架于蒿川公社和干盐池公社)，震后十天内共记到1.0~2.9(ML)级余震约40个，其中25个是在震后一天内发生的，最大余震为紧接主震后发生的2.6级地震。此外，震前没有发生 $ML > 1.0$ 级前震。

由震源机制解可见，这次地震主压应力方向为北东—南西，这与海原8.5级大地震及其后在西海固地区六次中强地震的震源机制类似[1]。

由上所述，本次地震是1920年海原8.5级大震极震区内又一次单发式中强地震。

2. 震前宏观现象

(1) 动物行为异常

极震区(七度)内如蔡堡、周套、石脑、臭草沟等处临近地震时(震前一天到临震)有骡子不进圈或跳出圈、鸡不进窝、狗叫等异常现象，临震前1~2小时有些羊怪叫(平时没有听到过)。六度区内则很少有动物异常现象。

(2) 地下水动态

本区为气候干旱区，饮用水主要靠窖贮雨水，因之一般观测不到地下水动态异常，但有两起事件值得注意。

蒿川公社涝坝子(七度区)有一眼机井在临震前水变黑，人们正在议论时地震来了，震后水复变清；

南华山马场(五度区)一眼井，深四丈，平时水少，只能打起半桶水，地震当天早上可打满桶。

(3) 气象及其它

震区群众反映，地震当天比较闷热，土雾沉沉，自1980年以来干旱严重，除了去年伏天下了一场暴雨和今年二日一场雪以外，很少下透雨。

查海原县气象站资料，这次地震处于降压和升温的天气过程之中，如图1所示。

综上所述，这次地震前的宏观现象在时间上临近地震前一天；多数是1~2小时，地点集中于极震区，与1970年西吉5.5级地震相比，种类和数量都较少。

3. 前兆性微观异常

(1) 水氡

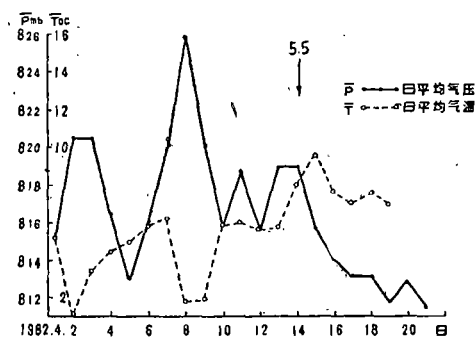


图1 海原气象站1982年4月1日

—21日 \bar{P} 、 \bar{T} 图

固原北海子泉井平时在17—18埃曼值附近变化，但在震前20天即3月25日开始出现趋势性上升，震后半个月内逐渐恢复；

平凉水氡震前也有短期异常，即从3月12日的15.5埃曼突升至16.3埃曼，高值持续近一个月，临震前后波动幅度也较大（图2a）；

隆德水氡平常在18埃曼附近稳定，震前于3月27日和4月14日（07点）突跳，幅度超过5%；

西吉水氡震前于3月23日和4月9日突跳，幅度约7%，虽有异常，但信度较差，因其平时变幅已超过4%。与此类似的有海原小山泉水氡；

兰州五泉山西龙口泉连续自记测氡没有出现短期变化，但临震前于当天08点由7.5埃曼突升到7.9埃曼，震后于当天和次日最高值分别为8.3和8.7埃曼，三日后恢复正常（图2b）。

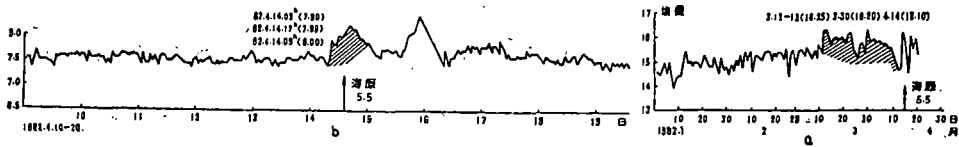


图 2

a. 平凉水氡日变曲线 b. 兰州五泉山西龙口泉连续自动测氡时值变化曲线

还有少数群测点水氡在震前有突跳，如庄浪县万泉中学水氡于震前十天突跳值达1.7埃曼，幅度达25%以上（图3）。

（2）地下水位

西吉浅井水位平时较稳定，3月30日开始上升至4月2日幅度达10厘米（正常年变同期为缓降），以后在下降转平稳过程中发震。

隆德浅井水位在4月初突降，幅度达10厘米。

（3）地电

西吉视电阻率NW道正常值为8.5欧姆米，比较稳定少变（地下水位23米，年变化不明显）。从3月7日开始上升，到4月7日变幅为0.55欧姆米，达6.4%。

静宁视电阻率自今年元月底测道同步上升，到3月底转平，变幅达1%左右，（见图4）。

距震中二三百公里内还有海原、中宁、固原、平凉、定西、通渭、兰州、银川等地电台均

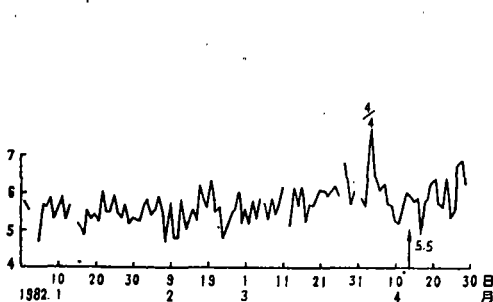


图 3 庄浪万泉中学水氡变化曲线

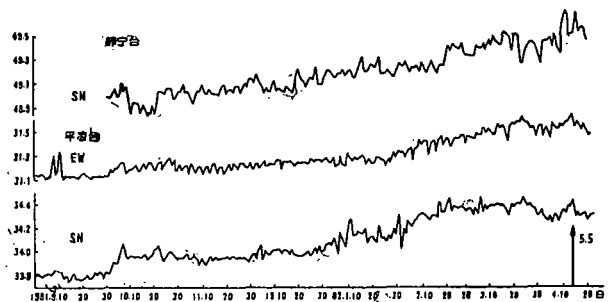


图 4

无明显异常。在此范围内群测网也较密，仅甘肃庆阳、平凉、定西、武威邻近西海固地区的土地电骨干点共约90个，震前有明显异常者有平凉丰收厂、靖远春光厂及城关中学、通渭一中、白银冶金三队、西北铜加工厂、兰州三十一中、陇西水泉中学等测点（图5）。

(4) 地磁

距震中一百公里内没有专业地磁台，在二百公里内有五个地磁台，均无明显异常，在此范围内除宁夏地区外，群测点土地磁观测条件较好，震前异常较可靠的有兰州铁道学院和窑街矿务局一中的磁偏角以及天水冶金二队磁力仪等少数测点（图6）。

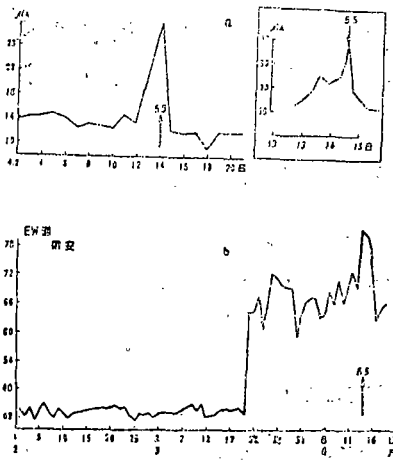


图 5

a. 兰州三十一中地电东两道曲线
b. 靖远县春光厂土地电逐日变化曲线

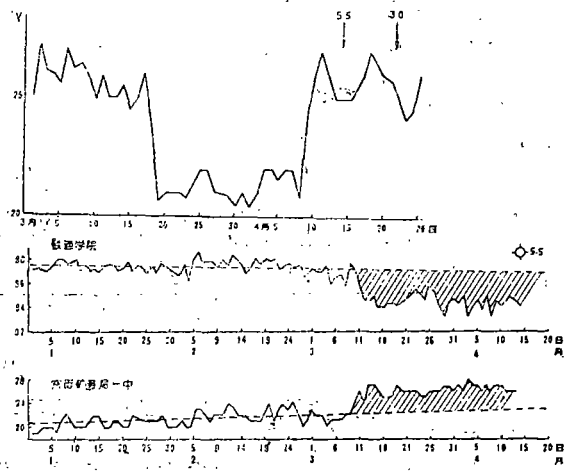


图 6

上图为甘冶二队磁力仪日均值图
下图为土地磁偏角变化曲线

(5) 其它

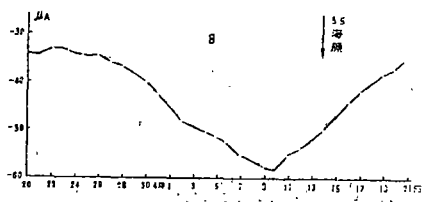
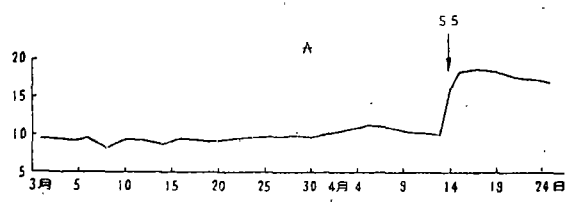
距震中二百公里内有三个专业应力站和四个倾斜台，均无明显异常，在此范围内除宁夏地区外群测点土应力和倾斜测点约近百个，震前有异常且资料较可靠者有静宁原安中学、西峰中学和榆中机场土应力；西峰农机厂、榆中县地区和银光厂倾斜；天水冶金二队DS—3地应力等测点，如图7所示。此外，会宁候川公社有口饮用水井，震前十天内明显下降，震后恢复。

4. 短临前兆异常的主要特点

(1) 空间分布

图8是这次地震周围200公里专业台站及其中有异常者的分布情况，表1是该图的说明。

由图8与表1以及综合前述情况可见：



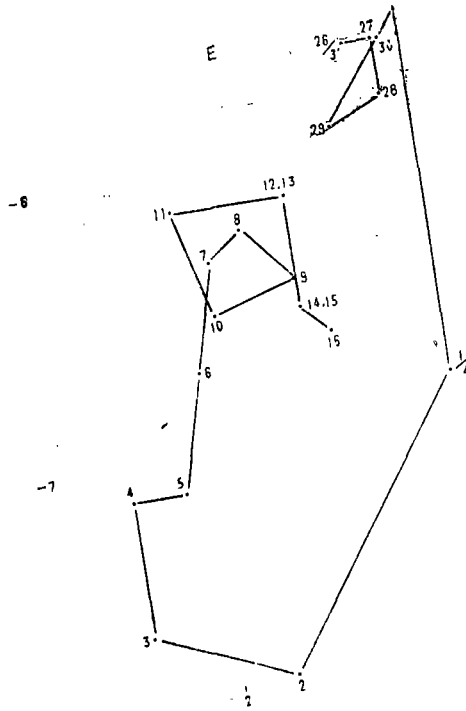
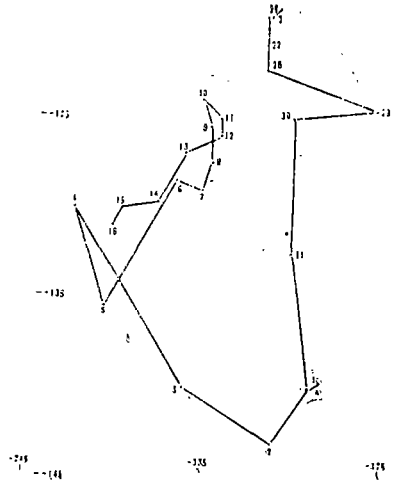
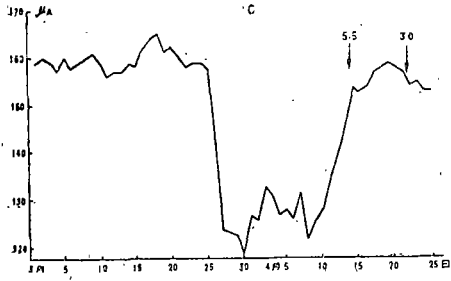


图 7

- A 静宁县原安中学地应力逐日变化曲线
- B 榆中机场地应力 2 日均值图
- C 甘冶二队 DS-8 地应力逐日变化曲线
- D 银光厂倾斜矢量图
- E 榆中台倾斜矢量图

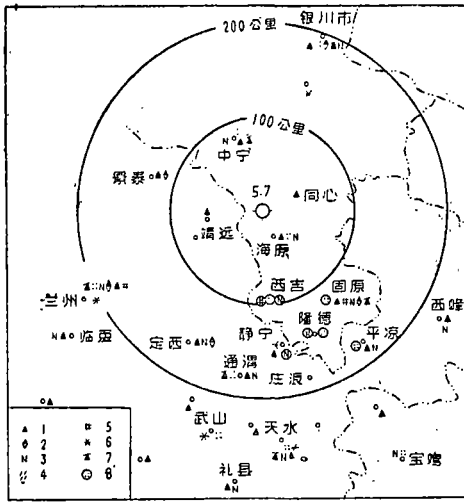


图 8

1. 测震台 2. 地磁台 3. 地电台 4. 水氡台
5. 水位 6. 应力站 7. 倾斜台 8. 表示有异常

表 1

	水氡	水位	地电	地磁	应力	倾斜	合计
100Km内台站个数	8	1	8	0	0	1	8
其中有异常的个数	2	1	1	0	0	0	4
100—200Km内台站个数	6	3	7	5	8	4	28
其中有异常个数	4	1	1	0	0	0	6

异常主要集中于西海固地区，在甘肃省除兰州连续测氡于震前 6 小时出现异常外，也仅有靠近西海固地区的平凉水氡和静宁地电有幅度不大、时间不长的异常显示；

异常数量较少，幅度也小。在总数为 10 个异常之中，有二个是隆德县办台，还有西吉与海原的测氡异常有疑问，静宁地电异常幅度不到 1%。因之能提供以短临预报分析的异常资料不过三、四而已；

在震中二百公里内的专业台中，有异常者所占比例大体为 20%，群测点由于更受观测条件所限，比例更低，约为 5~15%（群测点只收集了甘肃境内情况）；

在这次地震前兆性异常中，与地下水动力学过程有联系的手段如水氡、水位、视电阻率较好。

(2)、时间特征

这次地震前多数异常时间仅一个月。由图 9 可见，大体上集中于 3 月 9 日、26 日、4 月 4 日和 14 日，即震前 36 天、19 天、10 天和地震当天，距 3 月 1 日中烈磁暴（磁情 K 指数为 7）为 45 天。

5. 对本次地震预报能力的反省

如前所述，这次地震属单发型中强地震，预报难度较高，但它又是发生在甘宁陕前兆台网密度较高、工作基础好的地区，这次地震的发生是继 1970 年西吉地震之后该地区最大地震，因之，它是对该地区监测预报能力的一次实际检验。

总的看来，对这次地震的背景有所认识，在省、西北协作区和全国会商会中给出了年度预报意见，中短期有不同程度觉察，

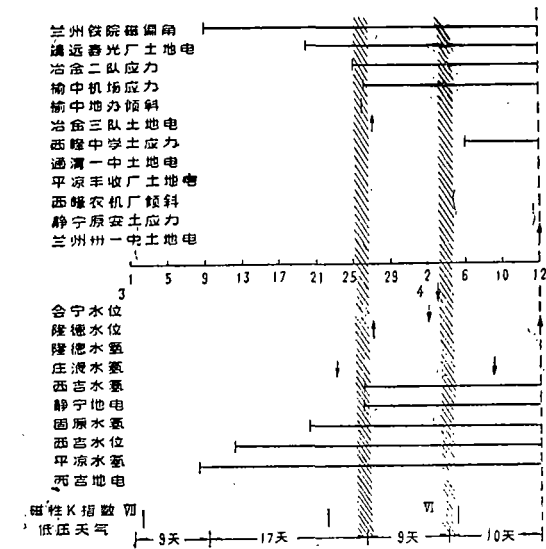


图 9 4 月 4 日 5.7 级地震前兆性异常的时间分布

临震没有抓住。

(1)、对西海固地区地震背景的认识

近年来，在西北协作区会商会上，对西海固地区地震背景的估计保持五级地震活动水

平, 超过六级的可能很小, 在八十年代初发震的可能性增大, 其主要依据为:

现今距1920年海原8.5级大地震已六十余年, 西海固地区地震活动早已进入相对平静阶段, 该地区中强地震已发生八次, 震级为4 $\frac{1}{2}$ —5 $\frac{1}{2}$, 据〔1〕、〔2〕等文献的研究, 西海固地区在大震后的地震活动相对平静期中发生六级以上强震可能性不大, 但最大地震仍将在五级活动水平上下起伏。

西海固地区具有发生五级地震的背景异常, 主要有:

面上垂直形变测量资料表明, 该地区为升降差异运动较大的地区*1); 该地区自1980年7月以来出现波速比异常, 见图10; 近年来鄂尔多斯块体北缘六级强震比较活跃, 东缘和西缘4~5级地震也有所活跃, 1980年以来六盘山地区3级以上地震稍有增多, 其中1980年陇县4.3级地震和1981年3月31日同心4

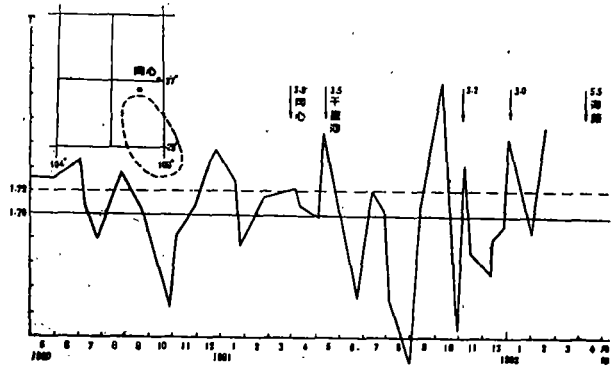


图10 西海固地区波速比异常

级地震为近年较大地震, 显示本地区地震可能处于相对平静期的起伏活动中稍有上升的时段; 本地区五级地震活动似有十一年周期, 即发生于太阳活动高年及其后1—2年, 如1939、1959、1970、1982年等。此外, 它们也有相似的旱涝气候背景(见图11和表2)。

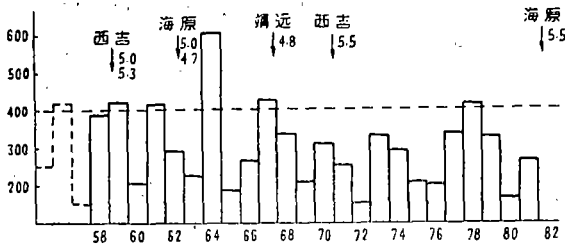


图11 海原县气象站1958—1981逐年降水量
(虚线为利用同心、固原、靖远资料补差订正, 供参考)

表 2

地震年(震级MS)	涝年(雨量mm)	旱年(雨量mm)
1959(5.0, 5.3)	1956(510)	1957(250)
1962(5.0, 4.7)	1959(522)	1960(311)
1967(4.8)	1964(706)	1965(288)
1970(5.5)	1967(526)	1969(311)
1982(5.7)	1978(516)	1980(268)

近一、二年来, 该地区震情变动较大, 如固原台地电、西吉沙岗子深井水位等一批异常被否定*2), 以靖远县石门公社“海眼”事件为代表的沿古浪—海原大断裂带一批地下水动态异常在1980年上半年达到高潮后已经衰落〔3〕, 西海固及附近地区流动重力及水氡、视电阻率等手段为代表的新异常群出现等等。因之, 在“《西北协作区一九八二年地震趋势意见》中对六盘山及其邻近地区地震趋势的综合意见为: 该地区“一些异常已不再存在, 新的现象又不断产生, 少数异常还在持续发展, 前兆手段中具有中长期趋势性异常者不多, 这样的特点可否作为发生中强地震的背景性特征是值得探讨的”。综合上述对西海固地区地震背景的认识, 在有关地震会商中的结论为“虽然该地区前兆手段还没有出现明显的中短期趋势异常, 但不能排除在今年内发生五级左右地震的可能”*3)。

• 1) 国家地质局第二测量大队, 陕甘宁地区垂直形变图, 1978年。
• 2) 宁夏地震局, 一九八二年宁夏回族自治区地震趋势意见, 1981。
• 3) 甘肃省地震局, 一九八二年甘肃省地震趋势会商意见, 1982。
西北协作区会商会, 一九八二年西北协作区地震趋势会商意见, 1982。

在今年全国地震趋势会商会结论中也明确指出了“甘宁交界地区”应予注意。

(2)、中短期有不同程度的觉察

今年二月份，甘肃省发生五次3级以上地震，均有感，这是少见的。同时自去年底到今年初，2.6级以上地震在三~五天内有规则地沿祁连山地震带和南北地震带北段活动的事件多起。同时还有一些前兆手段出现突跳异常。据此，甘肃省地震局第6期震情中指出：

“今年头两个月甘肃省震情有所发展，2级以上地震活动近似于1970年和1980年情况，近期值得注意的是祁连山地震带东西两头有可能发生中强地震”。当我们密切注意震情动态时，在三月份以后直至海原5、5级地震发生前震情反而平静。

海原县地震办公室1982年第1号“震情反应”(2月18日)中指出：“进入今年以来，我县小震活动较多，测氡、磁偏角、土地电等有不同程度的异常变化，曾提出在海原一百公里范围内可能发生3.5~4级地震预报意见，虽然没有对应，但我们还是主张不能排除这次地震的危险性，大概只是在时间上要推迟一些。”

在4月8日宁夏地震研究所会商时，曾依据海原地电、水位、固原水氡、隆德水位和磁暴倍九法等内部试报一周内在海固地区可能发生3.5级左右地震的意见。

(3)、临震漏报问题

从三月份到四月上旬，甘肃省专群手段几乎没有上报异常，同期各地区和省局每周例行会商中没有内部试报4级以上地震的意见*4)。

从这次震后收集资料情况来看，这次地震前甘肃省境内专业台站有异常变化的仅有平凉水氡(幅度5%)、静宁地电(<1%)和兰州水氡(震前几小时)三种。1970年西吉地震前，天水马跑泉水氡异常幅度达20%、兰州和天水视电阻率异常幅度超过2%，天水重力、兰州地磁等均有明显异常。现在专业台站比西吉地震时数量和质量都有所提高，但异常的幅度、持续时间、数量等方面都比西吉地震差得多，这是否反应了大震高潮期(如1970年西吉地震的大形势)和大震平静期(如现阶段)中强地震前兆显示的差异性值得进一步探讨。

至于例举的群测点资料都是震后收集的，而在震前从地区地办到省局都未能掌握。此外，有关西海固地区的异常资料在甘肃省震前会商中也没有掌握，至于震中区出现的少数宏观异常更无法掌握，在这种情况下，是不可能作出短、临预报的。

6.趋势估计

(1)、对西海固地区短期趋势问题，震后甘肃省地震局立即进行了紧急会商以后又进行了多次会商，在海原县甘肃省地震局考察队与宁夏地震研究所、国家地震局地球所、分析预报中心等在现场工作的人员也进行了多次会商，对西海固地区短期地震趋势估计基本一致，即该地区不大可能再发生类似强度或更大的地震，主要依据为：

这次地震发生在1920年海原大震的极震区(烈度X度)内，该区自1934年以来共发生八次五级以上地震，短期内均没有在原地重复的震例；根据本次地震序列情况判断，属单发式地震类型，原地亦不会有继续发性中强震发生；根据前述背景性资料和前兆异常的持续时间、幅度、范围、数量等分析表明，也与一次5½级地震相当。

* 4) 仅西峰台地电组依据自然电位资料于3月18日上报预报卡片，试报西海固地区三月下旬发生4级左右地震

(2) 对今后一、二年内该地区乃至更大范围的震情趋势问题, 有如下初步分析与估计:

这次地震的等震线长轴近于南北向、震源机制第一解答也近于南北向, 根据经验〔4〕, 地震迁移有沿发震构造方向迁移的趋势, 因此应首先注意南北方向的吴忠地区和通渭—礼县—宕昌地区震情的发展。事实上, 地震后第八天即在礼县发生3.0级有感地震, 其次也要注意地震沿海原—古浪大断裂向河西和宝鸡地区方向迁移。

西海固地区位于祁连山—六盘山构造带与南北构造带交汇部位, 是甘宁陕地区构造枢纽, 图12表明, 西海固地区发生五级左右地震不是孤立的, 而是在甘宁陕地区(以甘肃东南部为主)伴有成串的地震活动, 由图还可见, 本世纪以来, 已经历了I、II两段活动期, 在经历了近十年平静之后, 这次海原5.5级地震可能标志着已进入新活动期即第III段活动期。图13表明, 本段活动期也有着鄂尔多斯块体周围5~6级中强地震活跃的背景。

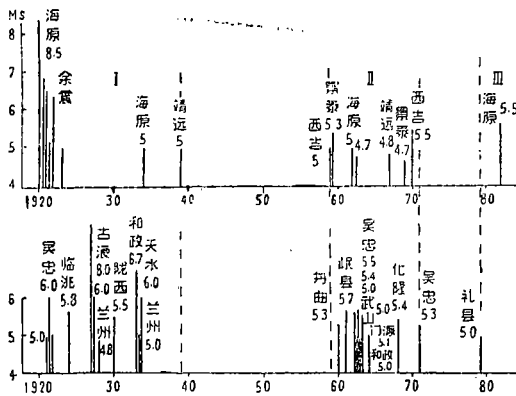


图12 1920—1981年宁夏—甘肃东部地区M—t图 ($M_s > 4$)
(上图为海原大震后极震区内M—t图)

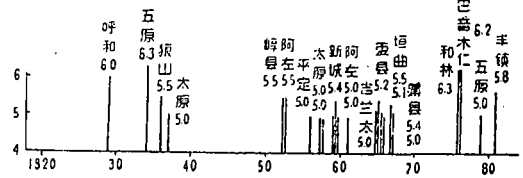


图13 1920年—1981年鄂尔多斯块体北西、北东、和南东缘M—t图 ($M_s \geq 5$)

由地震大形势分析表明, 陕甘宁青东部地区现阶段仍处于大震活动的相对平静期, 但在此期内, 地震活动仍有起伏, 其最大震级可达5~6级、同时, 基于地震背景资料(形变、地震活动、波速等)和中长期前兆资料分析, 也排除了发生七级以上大震的可能性, 但在某些地区, 如礼县盆地, 民乐盆地等地区正如西海固地区那样, 前兆观测具有“老异常已经消失, 新异常不断出现、中长期趋势性异常无几”的特征, 这就是现阶段我区发生中强地震的典型前兆性特征。根据这次海原地震经验, 只要新异常出现的时间和地区比较集中(如1个月左右和几百平方公里), 资料可靠的数量超过三、五个, 就应该警惕发生中强地震的可能性。

在本文汇总过程中, 综合了震区考察资料, 宁夏地震研究所提供的前兆资料, 甘肃省庆阳、平凉、武威、天水、定西、兰州等地办、兰化公司抗震办公室等部门总结或上报的有关资料以及兰州地震研究所各研究室学科组初步总结的有关材料以及近年来甘肃省、西北协作区会商意见等有关材料。

(兰州地震研究所 李海华)

参 考 文 献

- 〔 1 〕 国家地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震队，一九二〇年海原大地震，地震出版社，1980.
- 〔 2 〕 李海华等，甘肃地区震势场的综合分析，Vol. 4，No. 5，1982.
- 〔 3 〕 淙和，古浪—海原断裂带“无震异常”的意义，地震，No.1，1981.
- 〔 4 〕 郭增建、秦保燕，震源物理，地震出版社，1980.