

97, 19(3) 1-10

甘肃、宁夏和青海地区地震前兆的某些特征

1-10

赵和云

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

钱家栋

(国家地震局分析预报中心, 北京 100036)

夏玉胜

(青海省地震局, 西宁 810001)

毛可 梁子斌

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

p315.7

摘要 通过对甘肃、宁夏和青海三省(区)20次地震的前兆异常进行统计分析,发现该地区地震前兆存在“地震异常范围小、异常幅度小、异常时间短和地震活动周期短”的区域特征。同时还发现甘、宁、青地区的地震前兆有以下5个方面的共性特征:(1)6级以上地震前都有空区出现,且不同震级的空区随逼近发震时间先后嵌套出现,呈现了介质逐渐硬化的过程;(2)多种前兆的趋势异常各具某种优势形态;(3)形变资料在大震前的反向(或加速)变化是本地区出现频率较高的一种前兆;(4)同一区域的多种前兆在时间进程上存在内在的协调一致性;(5)强震发震日期及其短临前兆与磁暴、朔望及大气压力变化等外部因素有关。

主题词: 西北 地震前兆 统计分析, 共性

西北地区, 中国

1 前言

地震前兆是地震预报的主要依据,也是震源孕育过程和前兆场物理模式等理论研究的重要基础和限制条件。然而,由于前兆的复杂性,目前还很难建立起适合各个地区所有地震的前兆理论。不过,当局限在一个不太大的区域时,因地质结构、力源环境及孕震方式等诸方面条件的相似性,地震前兆也会呈现某些共性和统计意义上的区域特征。这就为地区性地震预报的深入研究创造了条件。本文将通过总结甘肃、宁夏、青海三省(区)20多年来发生的5次6级以上地震(门源6.4级、共和7.0级、景泰6.2级、松潘6.5级和松潘7.2级)和15次5级以上中强地震的前兆,深入讨论其综合特征,以便通过分析这些特征能对建立地区性前兆理论有所启迪。

2 资料处理和前兆异常的选取

本文1996年11月11日收到。

第一作者简介: 赵和云,男,1946年6月生,副研究员,主要从事地电基础理论与地电预报地震研究工作。

甘肃、宁夏、青海三省(区)是中国多地震区域,自70年代初以来,在三省(区)范围内开展了大范围地震前兆观测工作,积累了多学科的长期观测资料。对这些资料,首先利用实用化攻关给出的前兆异常判别方法和指标,对中强以上地震前的变化进行了识别和扫描。表1列出了20次地震前的一些扫描结果。我们还重点对其中几次6级以上地震的异常作了进一步筛选。筛选的方法是,取异常台站从建台以来的全部资料进行考察,若同类型异常与中强以上地震之间有多于三分之二的对应关系,则将异常视为重要前兆,否则异常只作参考。通过筛选,保留下来的异常作为前兆的可靠性大为增加,为进一步的分析研究奠定了坚实的基础。

3 前兆异常的地区特征

表1的结果表明,甘肃、宁夏和青海地区地震前兆异常相当丰富,不仅仅局限于某一学科,而是多学科、多手段都有异常出现;异常也不仅仅局限于某些地震,而是每个地震前或多或少都有前兆。作者对上述20次地震的前兆特征进行了统计分析,得到有别于其它地区的前兆区域性特征。

3.1 异常空间展布范围与震级的关系

取表1中全部20次地震的非震前兆异常,绘制异常所对应震级与震中距关系图(图1)。从图中可以看出该地区前兆异常的两个特点:(1)随着震级增大,前兆异常展布范围也逐渐增大,规律性比较明显;不同震级的前兆异常展布范围符合公式 $M_S = 0.62\Delta^{0.428}$; (2)对于5.0~5.9级地震,前兆异常的优势展布范围为0~150km;对于6.0~6.9级地震,优势展布范围为0~210 km;对于7级以上地震为0~300 km。与文献[1]给出的全国平均结果相比,甘肃、宁夏和青海地区地震前兆异常的优势展布范围较小,比华北地区同级别地震的展布范围更小。如大同6.1级地震的前兆异常最远可达410 km(晋10-1井地下水)^[2],异常相对集中在270 km范围之内;而景泰6.2级地震异常最远为280 km(固原气氛),异常相对集中在200 km范围之内^[3]。

3.2 异常时间的统计分析

由表1可以明显看出,甘肃、宁夏和青海5.5级以上地震的中长期异常项次都多于短临异常项次,而5.0~5.5级地震的情况恰好相反。在20次地震的全部异常中,中、长期异常占52%,短临异常占48%,短临异常比较发育。需要指出的是,甘肃、宁夏和青海地区地震的长期异常甚少。以共和7.0级地震为例,长期异常仅2项。而唐山7.8级地震的长期异常多达十几项。6级地震前,甘宁青地区或无长期异常,或仅有1~2项长期异常;而华北的和林格尔6.3级地震及大同6.1级地震前都有5~6项长期异常。显然,甘肃、宁夏和青海地区地震长期异常偏少,使得伴随孕震过程出现的多种前兆整体异常时间缩短。

3.3 前兆异常幅度的统计分析

甘肃、宁夏和青海地区定点前兆异常的异常幅度似乎略低于其它地区同档次地震前兆的

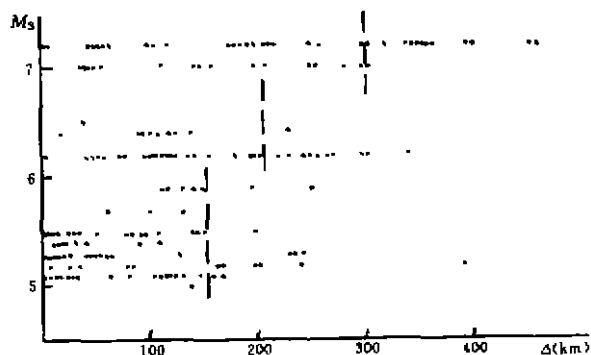


图1 甘肃、宁夏、青海地区地震前兆异常的震中距与震级的统计关系

Fig.1 Statistical relationship between magnitudes and epicentral distances of precursory anomaly site in Gansu-Ningxia-Qinghai region.

表1 甘肃、宁夏和青海地区 $M_s \geq 5$ 级地震前兆异常表

序号	地震	较可靠的异常项目 ($M=5.0 \sim 5.9, \Delta \leq 200 \text{ km}; M=6.0 \sim 6.9, \Delta \leq 300 \text{ km};$ $M \geq 7, \Delta \leq 400 \text{ km}$)	中期、长 期异常 项目数	短期、临 震异常 项目数
1	1970-12-03 西吉 5.5	空区、条带、波速比、流动水准(威戎~静宁)、 天水氡(两处)、震中地下水(10口井震前3~5d上升)	3	4
2	1971-06-28 吴忠 5.1	条带、震中地下水(2口井震前突升)	1	1
3	1973-08-11 松潘 6.5	空区、频度($\leq 10 \text{ km}$)、b值、条带、松潘地电阻率	4	1
4	1976-08-16 松潘 7.2	松潘~南坪长水准、波速比、背景性条带、松潘短水准、 空区、姑咱水氡(破年变)、b值、松潘水氡、松潘地电 阻率、武都地电阻率、礼县地电阻率、映秀地应力、频 次($\Delta \leq 50 \text{ km}$)、姑咱地电阻率、武都水氡、泸定地 应力、郫县重力、条带、低点位移、地磁日畸变、姑咱水 氡突跳、江油水位、天水重力、通渭水氡、宏观异常	17	11
5	1980-04-18 天峻 5.2	空区、b值、高台倾斜、嘉峪关地电、嘉峪关倾斜、宏观异常	2	4
6	1982-04-14 海原 5.5	频次、海原流动重力、波速比、条带、海原地电阻率、中卫地 电阻率、西吉地电阻率、固原水氡、兰州水氡、南华山马场地下水	6	5
7	1984-01-06 武威 5.3	缺震、小震调制比、刘家峡地应力、武威地电、河西堡水氡、武山和 刘家峡应力仪指针抖动无法观测、西营乡浅水位、动物异常	3	6
8	1984-02-17 刚察 5.1	空区、频次、山丹地电阻率、湟源水氡、张掖地电阻率	1	4
9	1984-11-23 灵武 5.3	红果子短水准、银川-吴忠流动重力、缺震、条带、 银川重力、银川地电阻率、灵武井水冒油花	4	3
10	1986-08-26 门源 6.4	扁都口基线、扁都口水准、条带、扎子沟水氡、 空区、乐都水氡、山丹地电阻率、门源倾斜、 刘家峡地应力、民乐大气电位、频次	8	3
11	1987-01-08 迭部 5.9 级	空区、流动重力、b值、波速比、缺震、调制比、 文县应力、武都应力、武都水氡、松潘定点水氡	6	4
12	1987-10-25 礼县 5.1	空区、武山应力、通渭水氡、武都水氡、清水流量	1	4
13	1988-11-22 肃南 5.7	波速比、空区、条带、b值、频度、调制比、西武当水氡、山丹电磁波	6	2
14	1989-09-04 雅布赖 5.0	频次、武威 EW 道电阻率		2
15	1989-11-02 固原 5.1	空区、平凉水氡、固原地电阻率、固原断层气	1	3

续表 1

序号	地震	较可靠的异常项目 ($M=5.0\sim 5.9, \Delta \leq 200 \text{ km}; M=6.0\sim 6.9, \Delta \leq 300 \text{ km};$ $M \geq 7, \Delta \leq 400 \text{ km})$	中期、长 期异常 项目数	短期、临 震异常 项目数
16	1990-04-26 共和 7.0	空区、条带、频次、b 值、调制比、塘格木地温、西武当水氧、西宁水氧、乐都水氧、共和水氧、湟源泉水流量、扁都口形变、滑石口形变、小震平静、门源倾斜、湟中水位、二十里铺土地电、红寺湖气 Hg 和 Rn、河卡气温、气压、震中宏观异常、永登电磁波	13	9
17	1990-10-20 景泰 6.2	水准干线、空区、滑石井短水准、缺震、黄羊河水准、水泉、大水头水准、窑坡跨断层水准、条带、b 值、兰州伸缩仪潮汐因子、兰州长水管、大通水氧、西宁水氧、门源倾斜、刘家峡应力、兰州重力、调制比、频次上升、兰州地磁、窑坡扁都口跨断层水准、山丹地电、兰州水氧、定西、武威地电阻率、祁连浅层应力、武威和永登电磁波、震中区宏观异常	14	15
18	1990-01-02 祁连 5.1	山丹地电阻率、祁连电磁波、门源地倾斜、祁连浅层应力、祁连大气电位		5
19	1991-10-01 门源 5.2	兰州十里店伸缩仪、门源倾斜		2
20	1992-01-12 嘉峪关 5.4	条带、频次、调制比、嘉峪关短水准、大黄沟短水准、酒泉钢铁公司倾斜、嘉峪关 NE 地电、嘉峪关地磁、404 厂 EW 道自然电位、泉湖水氧、玉门 6 井水氧	4	7

异常幅度. 以西北地区景泰 6.2 级和华北地区大同 6.1 级地震为例, 取震中距大体相同的地电异常列于表 2, 对比说明西北与华北地区地震异常幅度的差异. 从表 2 可以看出, 景泰地震的异常幅度都明显低于大同地震. 除地电之外, 地应力异常幅度的差别也很显著.

表 2 异常幅度对比表

景泰 6.2 级地震(西北) 地电阻率相对异常幅度	大同 6.1 级地震(华北) 地电阻率相对异常幅度
西吉台($\Delta=225 \text{ km}$), -1.2%	宝昌台($\Delta=210 \text{ km}$), -4%
通渭台($\Delta=258 \text{ km}$), -1.2%	马坊台($\Delta=280 \text{ km}$), $+2\%$
山丹台($\Delta=258 \text{ km}$), -0.7%	兴济台($\Delta=280 \text{ km}$), -2%

3.4 地震活动的统计特征

甘肃、宁夏和青海地区所属各地震带的地震活动都有平静期与活跃期之分. 图 2 是该地区 $M \geq 6.0$ 地震的 $M-T$ 图, 由图 2 可以看出, 本世纪以来, 甘肃、宁夏、青海地区大约有持续 7 年左右的平静期和平均 8 年的活跃期. 其周期比川滇地区(平静期 9~11 年, 活跃期 9~14 年)^[4] 和全国 7 级以上地震的活动周期(平静期 9.25 年, 活跃期 12.7 年)^[4] 都短, 比华北地区的地震平静、活跃周期更短.

从上述统计不难看出,甘肃、宁夏和青海三省(区)多种地震前兆具有“异常范围小、异常幅度小、异常时间短和地震活动周期短”的地区特征。这些特征与甘肃、宁夏和青海地区的介质构造条件及孕震力源环境密切相关,其较为详尽的物理解释我们另有专文剖析^[5]。显然,在前兆理论研究中,甘肃、宁夏和青海地区地震前兆的这些统计特征可以作为孕震过程和孕震方式的检验限制条件。

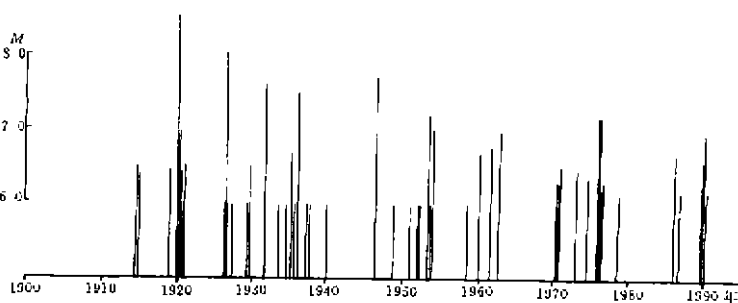


图2 甘肃、宁夏和青海地区地震的M-T图

Fig. 2 The M-T relation map of earthquakes in Gansu-Ningxia-Qinghai region

4 前兆异常的共性特征

经过分析,发现甘肃、宁夏、青海三省(区)地震的多种前兆有以下5方面的共性特征:

(1) 6级以上地震前都有空区出现。空区的形成过程是,震前几年至十几年,震中及其周围地区,中等强度以上地震由活跃转为平静;随后在稍大尺度空间范围内出现中等强度地震的围空区;随着时间的推移,在上述空区内又会出现小震围空区;在震前几个月到一年左右,震中附近还要出现地震平静或临震空区,有时甚至1~2级微震都不发生。现以共和7.0级地震为例,详细加以说明。

图3(a)是共和地震震中及其周围地区1960~1969年4级以上地震的震中分布图。从图中可以看出,中等强度以上地震分布均匀,地震也较活跃。但由图3(b)中可以看出,在1970~1979年间,震中附近中等强度以上地震出现了平静,与此同时,周边地震变得相当活跃,与图3(a)形成鲜明对照。在1975~1985年间形成了4级以上地震围空区(图3(c),(d))。围空区的长轴与后来的发展断层走向一致。在4级以上地震的围空区内,3级以下地震仍较为发育(图3(e)(f));但在1984~1988年间又形成了3级地震的围空区,围空区的范围比4级以上地震的围空区小(图3(g));从1989年2月起,震中周围70 km范围内出现了地震平静,几乎无2级以上地震发生(图3(h))。这就给出了一幅地震空区的时空演化图象,即不同震级的空区随发震时间的逼近,先后嵌套出现,空区范围缩小(图3(i))。有趣的是,低b值区域也有由大到小,逐渐缩小到未来震中的现象。

图4是门源6.4级地震前的空区演化进程。震前7年震中周围地区地震活动由活跃转为平静;与此同时形成了 $M \geq 4.0$ 地震空区;之后在其内形成了3级地震空区。临震前5个月也出现了临震空区,与共和地震不同的是临震空区不完全局限于3级地震空区之内。这种现象的出现究竟是客观实际的反映,还是与临震空区的勾画方法有关,有待于进一步研究。不过,其它6级以上地震也有类似于共和、门源地震的空区演化图象,在此不一一赘述。

(2) 多种前兆的趋势异常各具某种优势形态,而短临变化则以大幅度突变、突跳为主。以水氡为例,松潘7.2级地震前震中距不同的兰州($\Delta = 360$ km)、武都($\Delta = 100$ km)、通渭($\Delta = 260$ km)和松潘($\Delta = 50$ km)水氡趋势异常皆表现为上升-恢复(或回返)-发震的正异常形态^[6];而共和7.0级地震前,共和、乐都、湟源和西武当水氡也表现出了相同的变化形态。从图6中可以看到,乐都、湟源水氡除共和地震的正异常外,在门源6.4级地震前也有相同的异常

形态. 这些水氧资料都是经二次筛选后被认为是可信度极高的资料, 可见上升-恢复(或回返)-发震的异常形态是水氧在本地区趋势异常的优势形态. 其它前兆的趋势异常也有各自的优势形态, 如地电阻率以下降为主、定点重力的零漂曲线以负异常为主、b 值以低值为主等等.

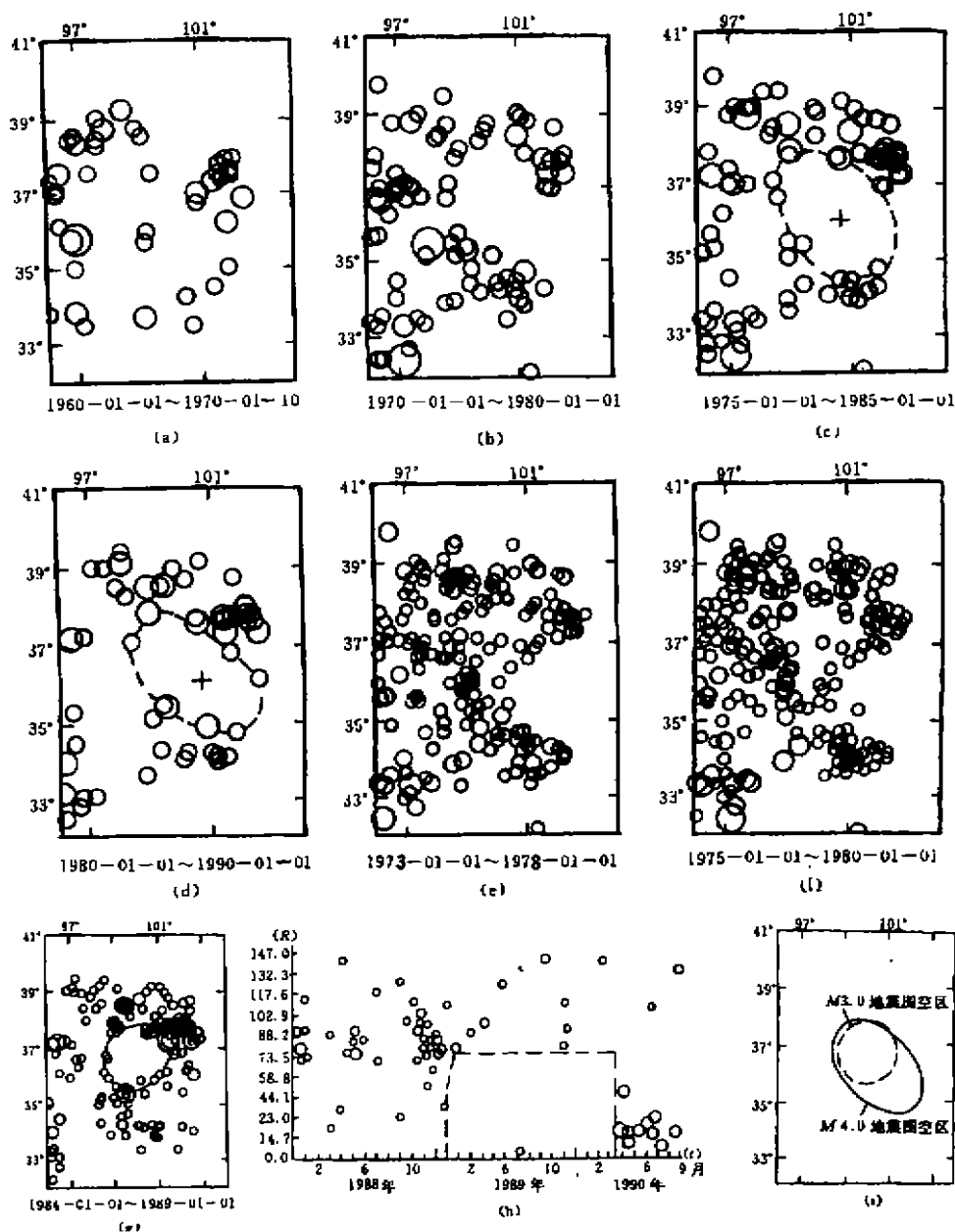


图3 共和7.0级地震前空区演化进程图

Fig. 3 The evolutionary process of gap before the Gonghe $M7.0$ earthquake.

- (a) 1960~1969年 $M \geq 4.0$ 地震震中分布; (b) 1970~1979年 $M \geq 4.0$ 地震震中分布;
 (c) 1975~1984年 $M \geq 4.0$ 地震震中分布; (d) 1980~1989年 $M \geq 4.0$ 地震震中分布;
 (e) 1973~1977年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布; (f) 1975~1979年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布;
 (g) 1984~1988年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布; (h) $M \geq 2.0$ 地震R-t图;
 (i) 不同震级下限空区嵌套示意图

(3) 形变观测资料在大震前出现反向(或加速)变化,是甘肃、宁夏和青海地区的普遍现象.该地区是大陆板内构造活动最强烈的区域之一.现今的构造活动有明显的继承性,因而形变观测资料通常以一定的速率和大体稳定的趋势(或方向)发展变化.然而在几次大震前,形变资料均出现异乎寻常的反向加速变化.图5(a)、(b)是门源地倾斜、兰州长水管仪在门源6.4级、景泰6.2级和共和7.0级地震前的变化曲线图,从图中可以看出,地震前各台曲线均出现明显反向变化.图5(c)是松潘台短水准在松潘7.2级地震前的反向变化^[7].门源6.4级地震前扁都口水准和基线的反向变化在文献[8]中已有报道.此外,共和地震前香日德地倾斜、景泰地震前兰州地倾斜也有反向或同向加速变化现象.所有这些震例无一例外地反映了这一前兆特征.

此外,甘、宁、青三省(区)的强震大都发生在水准形变梯度的陡变带上.如1986年门源6.4级、1988年唐古拉6.8级、1990年茫崖6.7级、共和7.0级和景泰6.2级地震都发生在高

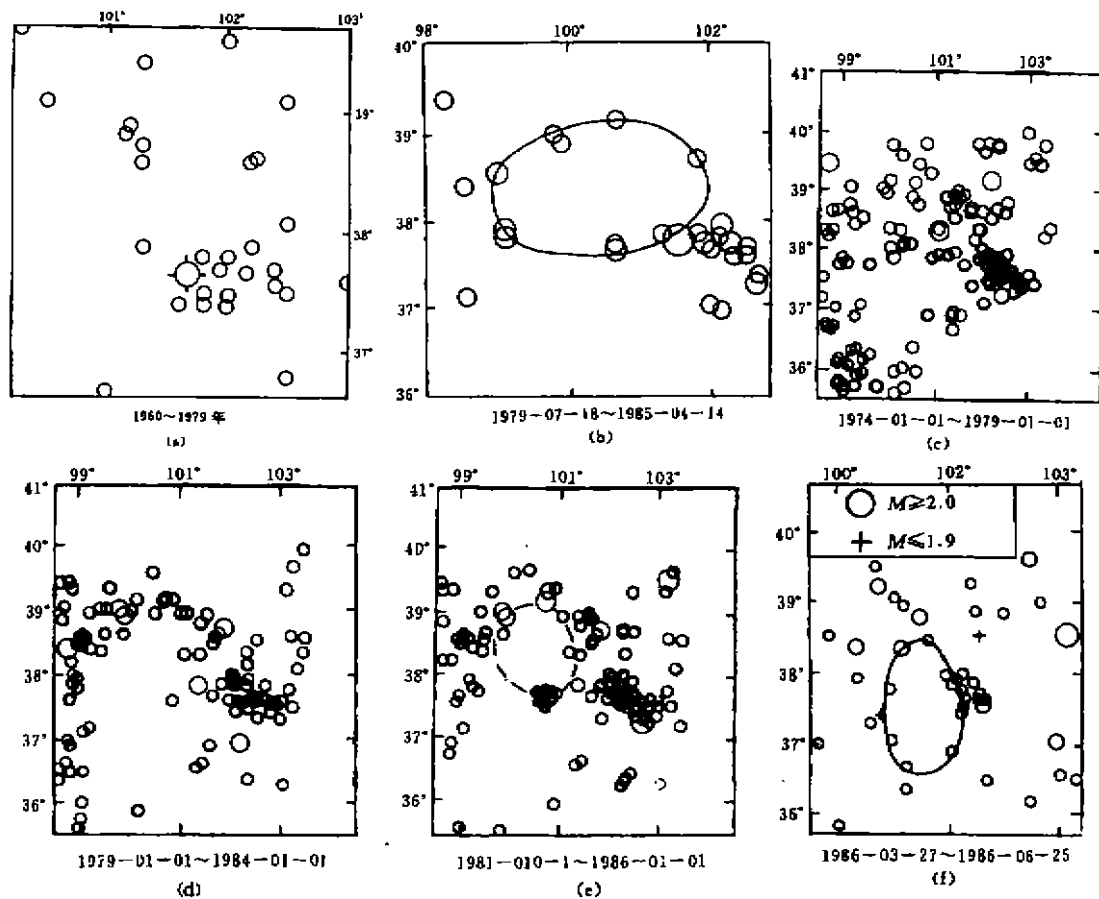


图4 门源6.4级地震前空区演化进程图

Fig.4 The evolutionary process of gap before the Menyuan $M_{6.4}$ earthquake.

- (a) 1960~1979年 $M \geq 4.0$ 地震震中分布; (b) $M \geq 4.0$ 地震围空区;
 (c) 1974~1978年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布; (d) 1979~1983年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布;
 (e) 1981~1985年 $M \geq 3.0$ 地震震中分布; (f) 1986年3月~1986年6月地震平静

形变梯度带上^[9,3]. 就是一些 5 级地震也常与高形变梯度带相联系^[10]. 由此不难看出, 本地区 6 级以上强震前形变资料的异常变化不仅是十分明显的, 也是出现频率极高的一种前兆现象. 它是本地区寻找强震地点的有效中长期异常.

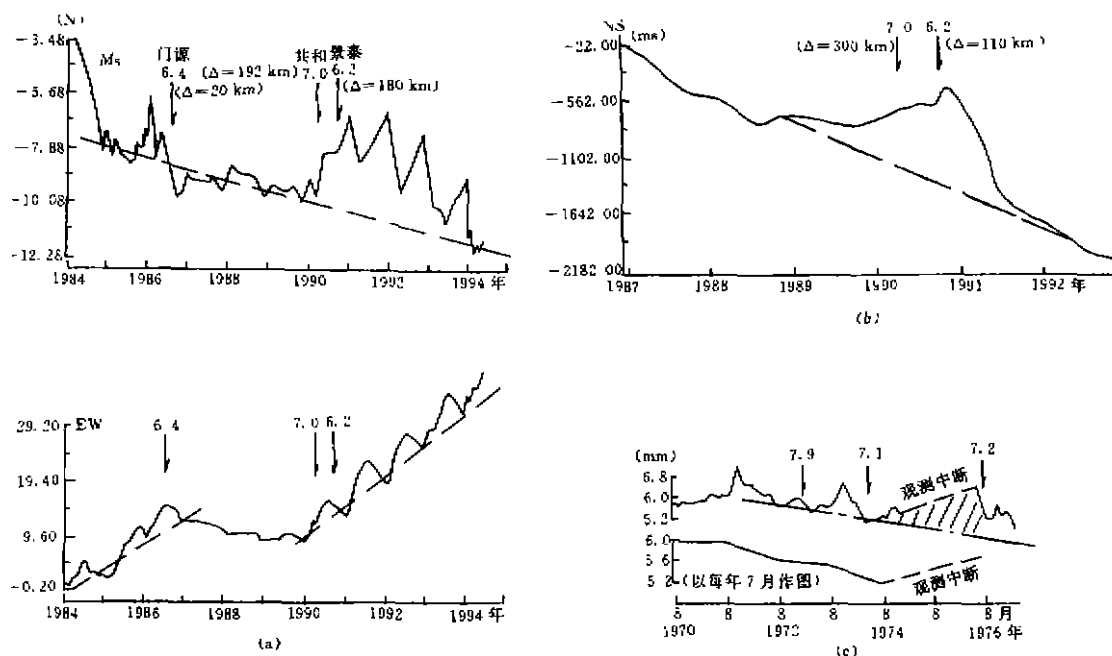


图 5 研究区强震前形变资料的加速变化

Fig. 5 Quickening changes of deformation data before strong earthquakes in the studied area.

(a) 门源台倾斜月均值曲线; (b) 兰州水管仪 NS 向月均值曲线; (c) 松潘台短水准测量高差变化曲线

(4) 同一地区的多种前兆在时间进程上存在内在的协调一致性. 从表面看来, 即使同一地区的前兆异常也常显示出此起彼伏的不协调不一致现象. 但仔细分析后, 又可发现它们之间可以用某种机制联系起来, 即有内在的协调一致性. 图 6 是共和地震前西宁地区小震频次、水氡、泉水流量等几项可靠前兆从建台以来的全部资料. 由图可以看出, 共和 7.0 级地震前小震频次与水氡测值同步上升、同步下降; 而泉水流量与之并不协调, 在 1988 年初小震频次和氡值上升时, 泉水流量(实际反映了地下水位的变化)不仅不增加, 反而略有减少; 1989 年年中之后, 小震频次与氡值急剧下降时, 泉水流量突然上升. 如果以 1988 年初~1989 年年中西宁地区地下微裂隙发育发展、而 1989 年年中之后微裂隙闭合这种介质状态来认识三类前兆变化, 就显得它们是完全协调一致的. 即随着震源孕育的影响, 西宁地区微裂隙大量发展, 造成小震次数增加, 岩层中氡的释放量也随之增多, 微裂隙增加, 增大了岩石的孔隙率, 这时岩石孔隙压力降低, 引起地下水位下降; 而在 1989 年中~1990 年 4 月大地震前, 震源体外围的西宁地区地下介质中裂隙闭合, 岩石孔隙压力必然恢复并增高, 这时就会出现小震次数急剧减少、氡释放量降低、而水位迅速上升的前兆变化. 由此可见, 将这些前兆异常统一到地下介质状态后, 其变化是协调一致的. 这种表面不一致而内在协调的多种前兆异常在其它 6 级以上地震中都有所表现.

(5) 强震的发震日期及其短临前兆似与磁暴、朔望、大气压力变化等外部因素有关. 松潘 7.2 级地震临震阶段, 外因调制短临异常的事实已有报道^[7]; 共和 7.0 级地震前 13 天, 也有一明显大气降压过程; 景泰 6.2 级地震前, 小震调制比也出现了明显异常; 表 1 的 20 次地震

中,在阴历初一~初三、十四~十六发震占总数的30%。若假定地震在任何一天发震的机会均等,则朔、望发震的本底概率也仅为20%。由此可见,甘肃、宁夏和青海地区地震的发震日期及它们的短临前兆往往与外部因素有某种关系。

所有这些共性,既是甘宁青三省区强震孕育的实际表现,也是开展地震预报工作的基础。

5 结语

根据以上论述,可以认为甘肃、宁夏和青海三省(区)地震前兆存在异常范围小、异常幅度小、异常时间短、地震活动周期短的统计特征和5个方面的前兆共性特征。这些规律性的特征,除了在地震预报中有实际意义以外,在认识本地区的震源过程以及在建立本地区前兆理论中都有重要作用。例如,震前普遍存在的空区及其时空演化特征启迪我们,若把空区看作断层强闭锁区,即与周围介质相比,较坚固的地区,那么在一定意义上可把地震

孕育过程看作是坚固区的形成与发展过程。孕震早期,未来强震震中区的介质性质与周围相比,差别不大,所以岩体内中等强度震级以下的大小破裂都可发生。到孕震中期,由于断层闭锁、应力集中,未来强震震中一定范围内岩体介质的强度增加,已不能发生中等震级的岩体破裂;而震中区周围介质却相对软弱,中等强度震级的破裂明显增多,其结果必然将一部分能量转移到坚固区内,使坚固区的应力水平增高,坚固程度增强。至孕震晚期,随着孕震断层上部分闭锁点的突破,强闭锁段越来越短,坚固区逐渐缩小;同时通过周围岩体更小地震的频繁发生,使逐渐缩小的坚固区的坚固程度越来越高。周围破裂与中央坚固程度增强两种过程反复相互作用,以至于在临近地震时,震源体介质能达到1~2级小震都不会发生的坚固程度,这时震源体的应力积累也相应达到岩体的破裂强度,强震随时都可发生。整个过程中,空区周围地震频发与空区中能量积累完全是自组织过程。因此可以认为,甘肃、宁夏、青海地区的地震孕育,是由于应力集中、孕震区介质逐渐硬化的过程。当然,这只是通过地震空区特征对孕震过程的初步分析。同样,其它特征也会对地震震源理论或前兆理论有所启示或限制。可以肯定,随着对前兆特征的深入剖析,震源和前兆理论也会愈加完善,愈符合实际。

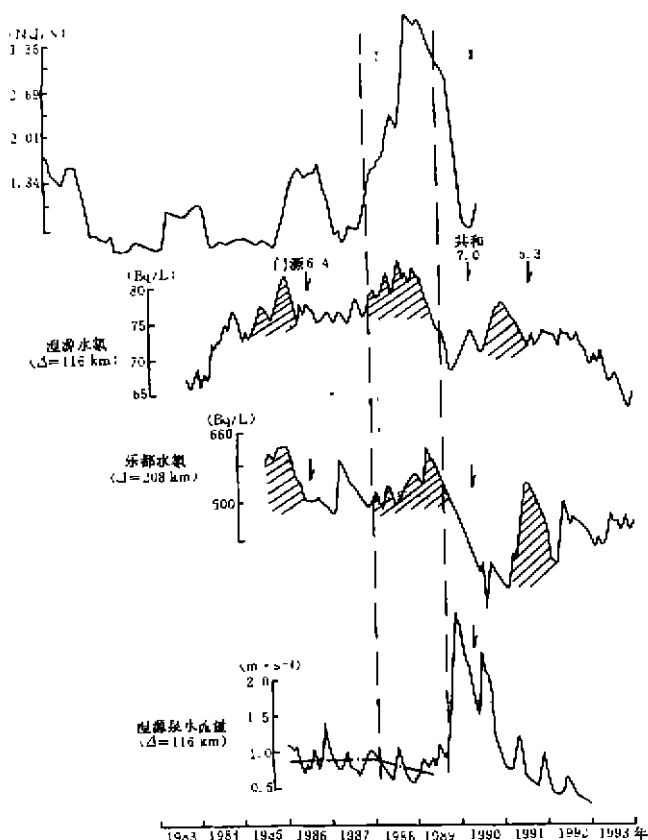


图6 西宁地区多种前兆时间进程图

Fig.6 The time dependent processes of many kinds of precursors in Xining region.

参考文献

- 1 张肇诚,等.中国大陆地震震例及综合预报判据和指标的研究.见:地震预报方法实用化研究文集——综合预报专辑.北京:地震出版社,1991.
- 2 汪成民,等.大同-阳高 6.1 级地震的地下水异常初析.地震,1990,(4):37~44.
- 3 汤泉,等.天祝、景泰 6.2 级地震.北京:地震出版社,1993.
- 4 陈立德,等.常规综合分析预报工作程序与技术规范.见:地震预报方法实用化研究文集——综合预报专辑.北京:地震出版社,1991.
- 5 赵和云,等.甘、宁、青地区地震孕育的力源环境.地震,1997,(1):89~97.
- 6 张炜,等.水文地球化学预报地震的原理与方法.北京:教育科学出版社,1988.
- 7 四川省地震局.一九七六年松潘地震.北京:地震出版社,1979.
- 8 巩守文,门源、江口地震的断层形变前兆分析.地震,1992,(1):34~40.
- 9 张祖胜.大地形变测量异常分析与地震预报.见:中国地震预报方法研究.北京:地震出版社,1991.
- 10 崔笃信.南北地震带北段南端现代地壳运动特征与地震.地壳形变与地震,1992,12(4):30~36.

SOME CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKE PRECURSORS IN THE GANSU-NINGXIA-QINGHAI REGION

ZHAO Heyun

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

QIAN Jiadong

(*Center for Earthquake Analysis and Prediction, SSB, Beijing 100036*)

XIA Yusheng

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001*)

MAO Ke LIANG Zibin

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

Through statistic analysis of the precursors of 20 earthquakes in the Gansu-Ningxia-Qinghai region, it is found that earthquake precursors in this region have regional characteristics, i. e. anomalous area is small, anomaly amplitude is small, anomaly lasting time is short and seismicity period is short. Furthermore, it is found that the earthquake precursors in this region have following five common characteristics: (1) Seismicity gaps always appear before $M \geq 6$ earthquakes and with approaching to earthquake occurrence time, seismicity gaps of different magnitude earthquakes appear subsequently and nestedly from strong events to small ones. The sclerous process of medium of seismogenic zone gradually is emerged. (2) The tendency anomalies of various kinds of precursors have their own dominant patterns. (3) Before an impending strong earthquake the inverse(or accelerating) variation of ground deformation is often appearing precursor in the region. (4) Various precursors in an area have inherent harmonic identity in earthquake developing period. (5) Occurrence time and short-term precursor of a strong earthquake is relevant to some outside factors such as magnetic storm, moon gravity and atmosphere pressure.

Key Words: Northwest China, Earthquake precursor, Statistical analysis, Common characteristics