

短文

1973年6月3日新疆精河6.0级地震前自然电位异常

1973年6月3日新疆精河县内发生的 $M_s = 6.0$ 级地震是北疆地区七十年代以来发生的最大一次地震。震中位置： $\phi_N 44^\circ 32'$ ， $\lambda_E 83^\circ 24'$ ；震源深度约30公里；发震构造为准噶尔南沿大断裂。这次地震有感范围颇大，东至乌鲁木齐，西至伊宁、霍城，都感到明显震动。

地震前震中周围400公里范围内有三个自然电位观测台和一个土地电观测点（图1），具体情况见表1。

表1

台 站	震中距 (公里)	测量极板距 (米)	台 址 表 层 岩 性	台站附近主要断裂	观 测 时 间
乌鲁木齐二宫	360	250	地表黄土层厚3—4米，下为砂、砂砾石层厚十米左右，下伏侏罗纪砂岩、页岩	地处博格达反射弧西翼	1972年至1975年
小地窝堡	350	250	黄土层厚1—2米，以下为第四纪砂、砂砾石冲积洪积层厚度大于200米	同上	1972年至1983年
新 源	120	250	地表为数米类黄土，下伏泥盆纪砂岩、砾岩	天山纬向断裂	1973年至1976年
奎屯气象站	100	100		北西西向准噶尔南沿断裂	1973年至今

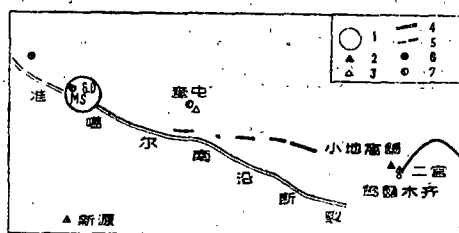


图1 测点位置和主要活动断裂分布图

- 1.震中 2.自然电位观测台 3.土地电测点 4.活动断裂
5.主要断裂 6.地下水上升 7.地下水下降

以上四个测点均用化学性能较稳定的铅板作电极，电极埋深1.5~2.0米。各台均布设东西、南北两个测道。除群测点奎屯气象站用微安表读数外，其他三个台均用DDC—2A电子自动补偿仪定时读数。尽管它们的台址条件并不相同，四个测点在5月上旬、中旬都先后出现短期异常。其中小地窝堡台的自然电位和奎屯气象站的土地电异常显著，这两个台站在震前提出了较好的预报意见。一个6.0级地震前多点自然电位和土地电有异常显示，这种情况在新疆并不多见。另外，异常的显示范围远比国内一些中强震大，最大距离达360公里。这是该异常的一个显著特征。

图2给出了1973年4月27日至6月5日乌鲁木齐二宫、小地窝堡和新源台及奎屯气象站观测点自然电位和土地电日均值曲线。为了判断该时期内地电异常的存在，下面以小地窝堡台资料为主，对各台资料进行“去粗取精，为伪存真”的分析工作：

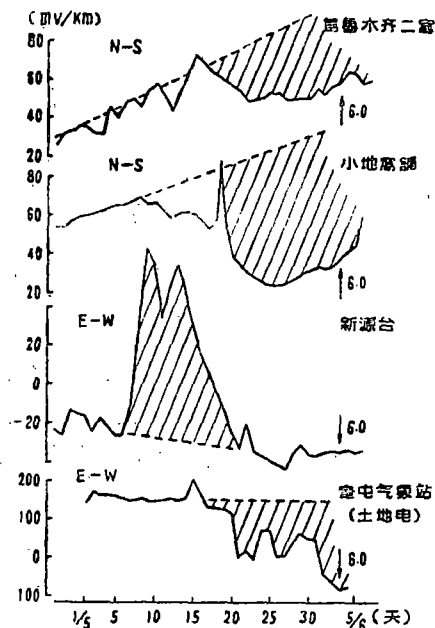


图2 1973年6月3日精河6.0级地震前部分台站自然电位日均值曲线

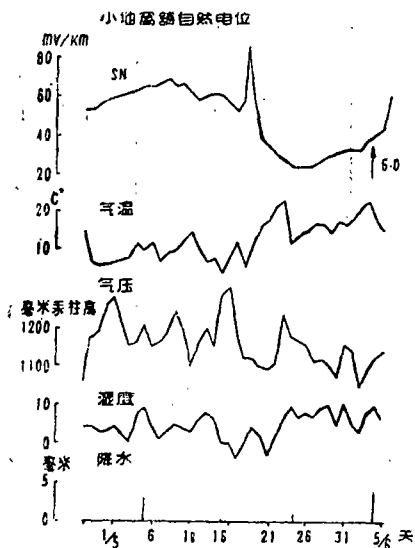


图3 小地窝堡自然电位异常与该区的气象要素日均值曲线

1. 干扰的识别和排除

在观测期间内四个台仪器工作正常, 无明显的零点飘移。观测周围无大的厂矿, 工业离散电流的干扰较小。乌鲁木齐二宫台和小地窝堡台的干扰幅度均小于0.5毫伏/公里。测量线路绝缘性能良好, 基本上排除了漏电影响。此外, 雷电、电极泡水、农田灌溉产生的自然电位干扰有一定形态, 可以从观测曲线上直接地识别出来。通过以上分析, 大致排除了上述资料中一些常见的干扰。

2. 气象因素的影响

为了排除气象因素对自然电位的影响, 我们将自然电位日均值与各气象要素的日均值进行相关分析。图3分别绘出了1973年4月27日至6月5日小地窝堡台自然电位日均值曲线及该区同期的气温、气压、湿度、降水量日均值曲线。经过相关分析后得到:

自然电位与气温的相关系数 $\gamma_1 = -0.31$ 与气压的相关系数 $\gamma_2 = 0.40$, 与湿度的相关系数 $\gamma_3 = -0.40$, 与降水量的相关系数 $\gamma_4 = 0.12$ 。

采用40对数据进行计算, 根据相系数检验表, $N - 2 = 38$ 时, 当 $\alpha = 0.05$ 时, $\gamma = 0.313$; $\alpha = 0.01$ 时, $\gamma = 0.408$, 因此, 自然电位与气温在 $\alpha = 0.05$ 显著水平上不相关, 与气压在 $\alpha = 0.05$ 显著水平上相关, 在 $\alpha = 0.01$ 显著水平上不相关, 与湿度在 $\alpha = 0.05$ 显著水平上相关, 在 $\alpha = 0.01$ 显著水平上不相关, 与降水量在 $\alpha = 0.05$ 显著水平上不相关。

对其它三个台资料未作相应的分析。但是仅根据以上分析可看出, 在短时间内气温、气压、湿度、降水量等气象因素的变化

对自然电位的影响不大。

3. 资料的分析处理

为了突出异常, 提取与精河6.0级地震有关的自然电位前兆信息, 有必要对各台常年的自然电位资料作深入的分析处理。现仍以小地窝堡台的资料为例, 对观测结果作如下分析。

把实测曲线与正常年变曲线进行对比是判别前兆异常存在与否的一种常用方法。如果某

台经过多年观测,从资料中根本找不到正常的年变规律。那末,要从中识别和提取与地震有关的前兆信息是根本不可能的。

图4(A)是小地窝堡台1972年8月至1977年7月SN道和EW道自然电位五年平均的月均值曲线。该曲线的特点是:(1)EW道每年八、九月份为低值,一月、十二月份为高值;(2)SN道每年七月份为高值,二、三月份为低值;(3)SN道自然电位的年变幅比EW道大。(A)曲线反映了小地窝堡地区自然电位的基本年变特征,可以把它看作一条突出季节影响的经验曲线。实际上小地窝堡台自然电位每年的年变曲线还是有区别的,它们在年变幅大小,极值点出现的早晚等方面还是有一些差异的。

图4(B)是小地窝堡台1973年NS道自然电位月均值曲线。为了消除季节影响,可把该曲线与突出季节影响的经验曲线(A)相减,便得到一条经过季节改正后的曲线(C)。当然,这种改正仅是一种经验的近似的方法。

从小地窝堡台1972年到1977年自然电位月均值连续图上看,两道基值都有一个长期下降的趋势。这种趋势可能与电极的老化过程有关,也可能与该区地电场的长期变化有关。为了消除这种长趋势下降的影响,需将经过季节改正后的月均值曲线再作一次年变改正。即把经过季节改正后的月均值曲线(C)减去其十二个月单头滑动曲线。得出的剩余曲线(D)是小地窝堡台自然电位SN道经过年变改正的1973年月均值曲线,它基本上消除了SN道自然电位值长期下降的趋势。从(D)曲线上可以清楚地看出,1973年6月3日精河6.0级地震前小地窝堡台SN道自然电位确实存在一个短期负异常。该异常在五月份显示特别明显。

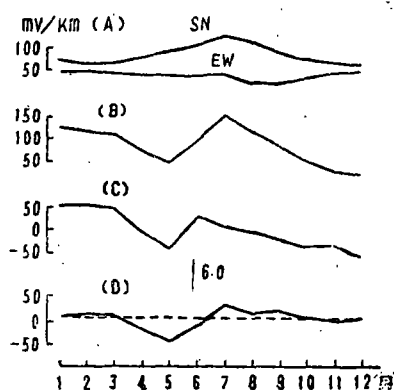


图4 小地窝堡台自然电位五年平均月均值曲线及经年变和季节改正后的SN道月均值曲线

- (A) 72—77年SN、EW道五年平均月均值曲线
- (B) 79年SN道月均值曲线
- (C) 经季节改正后的73年SN道月均值曲线
- (D) 经年变改正后的73年SN道月均值曲线

乌鲁木齐二宫地电台SN道自然电位的年变曲线形态与小地窝堡地电台的相似,呈反“U”字形。从图2可以看出,精河6.0级地震前该台SN道自然电位出现一个短期的负异常。异常时间及异常形态与小地窝堡台的曲线变化极为相似。新源地电台EW道自然电位曲线正常的年变规律为“U”字形。在精河6.0级地震前该道出现了明显的正异常。这一异常与其它三个测点的异常不同,地震未发生在异常的过程中,而发生在异常恢复后。奎屯气象站土地电正常年变规律不明显,该测点EW向土地电在震前也出现负异常(图2)。表2列出了四个测点的异常情况。

精河6.0级地震前四个台自然电位异常的特点是:震中距越小的测点,异常幅度越大(不存在线性关系);异常时间与震中距之间无规律可循。由上表还可以看出,异常期间内自然电场E矢量方向大致与台站附近的主要活动断裂方向平行。海城地震也有类似的情况,震前该区许多观测点的土地电和自然电位曲线出现大幅度突跳,仪器的指针强烈地摆动和颤抖。这种突发性异常开始沿北北东构造方向上展布,临震前它们大量出现在北西西向发震构造

表2

台 站	震 中 距 (公里)	异常时间 (天)	异 常 幅 度 (毫伏/公里)	两 道 异 常 情 况	异常期间内 E 矢量方向	台站附近主要活 动断裂的方向
乌鲁木齐 二 官	360	24	40	NS道异常明显 EW道异常不明显	NNE	北 东 向
小地窝堡	350	27	70	同 上	NNE	北 东 向
新 源	120	17	100	EW道异常明显 SN道异常不明显	EW	东 西 向
奎 屯 气象站	100	18	230	同 上	NWW	北 西 西 向

上。又如唐山7.8级大震前,该区56道土地电中异常明显的有20道,这20道土地电都分布在活动断裂上,并且这些地方也有明显的地下水位异常显示。精河6.0级地震前自然电位和土地电异常点也分布在活动断裂带附近。震前,在震中区还观测到地下水位的上升,在奎屯地区观测到地下水位的下降(见图1)。可惜的是,当时新源和乌鲁木齐地区没有地下水位的观测。由此可见,活动断裂带是地下水运移的不稳定地带,也是地电场变化急剧的地带。那里可能是捕捉地下水位和自然电位短临前兆的“敏感带”。

精河6.0级地震前乌鲁木齐二官台和小地窝堡台自然电位异常确实是存在的。两个台异常形态和异常时间如此相似看来并不是偶然的。震前,乌鲁木齐地区的水氡、地倾斜也有明显的异常显示。这些事实说明,精河6.0级地震前在300公里以外的乌鲁木齐地区有自然电位异常显示不是不可能的。

总结小地窝堡台1972~1981年的自然电位资料发现,该台两道自然电位的年变规律是清楚的,并且对乌鲁木齐以西4.5级以上的地震都有较好的对应。除了精河6.0级地震外,还有1975年1月14日乌鲁木齐西南庙尔沟5.0级地震($\Delta=60$ 公里)、1976年8月16日沙湾县西南牛圈子4.6级地震及9月18日牛圈子4.8级地震($\Delta=190$ 公里)(这两次地震震前均提出过预报意见)、1981年11月6日呼图壁5.8级地震($\Delta=90$ 公里)。这些异常的共同特点是:(1)南北道异常显示明显,东西道异常显示一般不明显;(2)南北道自然电位往往在正常年变的背景上出现负异常;(3)异常幅度为数十至近百毫伏/公里,异常时间为十余天至一、两个月。因此自然电位异常仅是一种短临异常,它属于第二类前兆;(4)该台自然电位对乌鲁木齐以东的中强震几乎无异常显示。综上所述,精河6.0级地震前乌鲁木齐二官台和小地窝堡台自然电位的异常显示并不是一个偶然的事件。

精河6.0级地震的发震断裂是延伸数百公里的北西西向准噶尔南沿大断裂。由震源机制解及宏观调查表明,该断裂的性质为右旋平推性质的逆断层,其水平压应力较强。在强大的水平压应力作用下,震前沿准噶尔南沿大断裂两侧形成多个异常的集中点。这可能是新疆中强震前的前兆异常沿活动断裂方向上分布范围较大,沿垂直活动断裂方向衰减较快的主要原因。

(新疆维吾尔自治区地震局 毛可)

(本文1982年8月25日收到)

ANOMALY OF NATURAL POTENTIAL BEFORE THE JINGHE EARTHQUAKE ($M=6.0$, June 3, 1973) IN XINJIANG

Mao Ke

(Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region)

确定历史地震震级的方法讨论

笔者将各地地震记载视为各地震台站的记录资料，对照谢毓寿教授的“新的中国烈度表”和李善邦教授的“历史地震烈度五条补充规定”，确定各地遭受地震影响的强度——烈度，用现今地震所造成的烈度分布（影响场）特点进行类比，反推历史地震震级等参数。虽然各地地震记载无统一原则和标准，但都是以人的直观感觉为基础的。所记载的“地震”的烈度应相当于四度或大于四度，“地微震”可能相当于三度，“地大震”可能相当于五度。

关于近代地震的震级和等烈度线图的关系，前人做了大量工作。笔者结合所收集的大量近代有宏观调查，震中烈度为4度以上的地震分析认为，有如下一些特点：

(1) 宏观震中位置位于高烈度区范围，基本上位于四度、五度等烈度线几何中心附近，相差10公里以下的占76%；相差25公里以下的占86%；相差50公里以下的占99.6%。

(2) 等烈度线图的最里圈为最高等烈度线，最高烈度为震中烈度，由里向外逐渐衰减。

(3) 等烈度线图中各等烈度线的长短轴之比，由高烈度向低烈度衰减，逐渐缩小差距，趋向于1。

震级一般随震中烈度增高而增大^[1]，随各等烈度线的面积（或面积等效圆半径）增大而增大^[2]。

相同震级的地震，震中烈度与各等烈度线的面积（或等效圆半径）呈反比^[5]。

根据近代地震所反映的这些特点，针对历史地震资料完备的程度，分别用下列几种方法确定历史地震震级等参数。

(1) 用震级与震中烈度关系，推算历史地震震级。

某一时间发生的地震，史料中仅有一地记载，无波及情况，反映史料不完整性。这类史料的处理，是将这一地记载的地名视为地震发生的参考地点，按记载的内容评定烈度。考虑到数理统计不能外推的原则，选用全国和部分地区的近代震中烈度为四度以上的各级地震，按 $M = a + bI$ 。进行回归分析，结果列于表1中。

(2) 用震级和各等烈度线面积关系，推算历史地震震级

某次地震，在史料中有多处记载，且有一定波及范围，但无破坏记载或震中情况记述。记载简单，只有“地震”等语。对这类不完备的史料，选用全国及部分地区的具有四度或四