

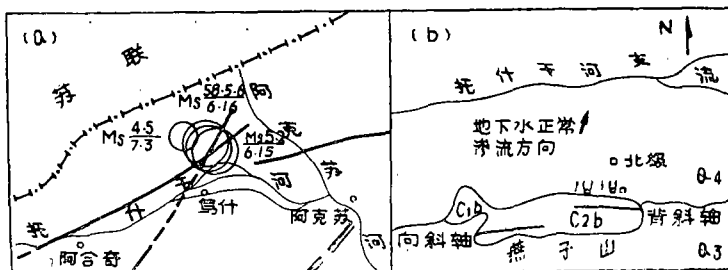
与断裂活动有关的一种地电临震异常

毛 可

(新疆维吾尔自治区地震局)

1971年3月23日、24日新疆乌什县东北约30公里处接连发生 $M_s=6.0$ 、 $M_s=6.1$ 级两个地震。震前,离震中90公里的阿克苏地电台根据自然电位异常对这次地震作了某种程度的预报。为了监视震情的发展,同年四月初我们在乌什县九眼泉台增设了自然电流观测。

九眼泉台位于乌什城区西北燕子山北麓的九眼泉公园内。该台布设了东西、南北两个测道。南北道大致垂直泉眼走向,东西道大致平行泉眼走向。两道极距均为100米。东、西、南三块极板埋在破碎的基岩附近,北极板埋在颗粒均匀的砂、砂质粘土中。极板为化学性能较稳定的铅板,极深1.0米。用微安表进行测量,每半小时观测一次。该台离震中近,仅30公里(图1)。该台自然电流的变化对乌什主震的强余震十分灵敏。笔者曾亲自观测到 $M_s>3.0$ 余震前幅度达数十微安,持续时间达数十分钟的突降。



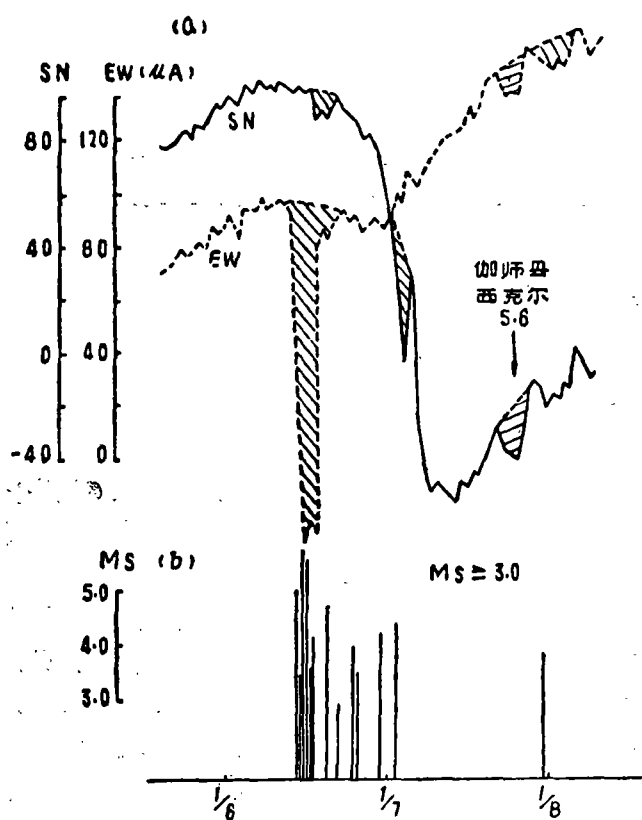
(a) 乌什地区构造及1971年六级地震强余震震中分布图

(b) 乌什九眼泉附近地质、水文平面示意图

图 1

图2(a)为乌什九眼泉台1971年5月~8月自然电流日均值变化曲线(4月6日开始试测。新埋极板需要稳定时间,故资料从5月中旬开始)。不难看出,该曲线有以下几个特点:

1、5月20日至6月13日该台南北道和东西道自然电流曲线同步上升。



(a) 1971.5.20~8.11 乌什九眼泉台自然电流日均值曲线

(b) 同期乌什地震 $M_s \geq 3.0$ 的余震 $M-t$ 图

图 2

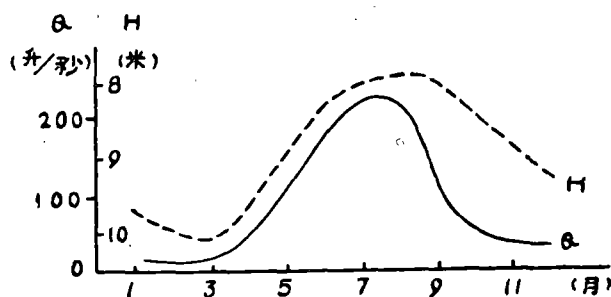


图 3

托什干河流量 (Q) 和乌什城郊地下水位 (H) 月均值图

根据水文地质资料*, 乌什城区的地下水水位三月份为最低值, 八、九月份为最高值, 与托什干河的流量年变规律一致 (图 3)。而九眼泉属于上游河床阶地第四系潜水补给, 其流量也与托什干河流量变化一致。因此, 九眼泉台自然电流曲线两道同步上升, 可能反映该区地下水位正常的变化状态。也就是说, 乌什双主震发生后, 震中区及其外围进入应力调整、应变恢复阶段。地下水位的变化趋于正常, 自然电场的变化也符合正常的年变规律。

2、6月14日至6月29日该台自然电流曲线南北道和东西道出现同步下降的变化。

这一期间乌什东北约30公里处连续发生三次 $M_s > 5.0$ 级余震和八次 $M_s \geq 4.0$ 级余震。此时正是1971年3月乌什六级主震之余震能量的主释放期。该期间内余震释放的能量占整个余震序列能量的90%, 见图2(b)。九眼泉台两道自然电流曲线的同步下降显然与乌什主震的强余震孕育和发生过程有关。

乌什地区构造关系十分复杂。城区北部是宽阔的托什干河谷, 谷地内深大断裂发育, 北东向、北北东向和近东西向三组活动断裂交汇于此, 构造差异运动非常强烈 (图1)。乌什双主震发生后, 处于应变恢复过程的该区地壳介质尚有部分应力要释放。在上述强余震的影响下, 介质受到引张 (根据三次 $M_s > 5.0$ 余震的震源机制解, 其主要压应力方向为北北东, 九眼泉台处

* 新疆水化学观测点野外初步调查报告, 1979。

于膨胀区)。表层松散的第四纪冲积洪积物孔隙度增大, 原来逐渐闭合的基底断裂又重新启开。潜水沿着微裂隙向地壳深处断裂扩散和运移。最后, 导致潜水水位的下降, 九眼泉台两道自然电流曲线也相应地下降。

3、在6月14日至6月29日两道曲线同步下降的背景上出现一些负异常。这些负异常与余震有较好的对应关系。

由图2(a)中不难看出, 这些负异常持续时间短(3~5天), 往往异常后一、二天发震, 而不是在异常恢复后发震。

若把整个观测期分为I~V时段, 表1列出了九眼泉台自然电流在I~V时段内的矢量方位角。该台自然电流矢量方位角在I、II、III时段内的变化特别有趣。它从43.5°变为26.4°, 又从26.4°恢复到46.1°。II时段内发生了这种变换。恰在此时, 乌什主震区发生了三次 $M_s > 5.0$ 级余震, 七次 $M_s \geq 4.0$ 级余震。表2列出了三次 $M_s > 5.0$ 级余震的主压应力方向。强余震的发生, 应力的释放可能使自然电流矢量方向向主压应力方向偏转。

表1

时段	日期	自然电流曲线的变化	时段内自然电流矢量方位角	相应的地下水渗流方向	余震活动
I	5.20.~6.13.	两道同步上升	43.5°(北东)	与地下水正常渗流方向一致	没有 $M_s > 3.0$ 级余震
II	6.14.~6.24.	两道同步下降	26.4°(北北东)	与主压应力方向大体一致	发生 $M_s > 5.0$ 级余震8次, $M_s > 4.0$ 级地震7次
III	6.25.~6.29.	同上	46.1°(北东)	正常方向(北东)	发生 $M_s = 4.0$ 级余震1次
IV	6.30.~7.14.	EW道上升, SN道速降	紊乱(87.5°)		发生 $M_s > 4.0$ 级余震2次
V	7.15.~8.11.	两道又同步上升	紊乱		没有 $M_s > 3.0$ 级余震

上面已提及, 强余震发生前由于应力的作用, 乌什地区地壳介质处于引张状态, 三组断裂张开, 潜水水位下降。当地震迫近时, 地壳介质出现优势破裂方向, 主压应力方向上断裂迅速扩张, 形成一组张性破裂。与此同时, 上部第四纪冲积洪积层中主压应力方向上孔隙度明显增大, 渗透系数K增加, 该

方向上渗流作用加强。于是, 出现了地下水渗流方向由正常(北东向)向主压应力方向(北北东向)偏转的暂时现象。相应地九眼泉台自然电流曲线在两道同步下降的背景上出现了持续时间很短的负异常。余震发生后应力恢复, 主压应力方向上张裂部分闭合, 表层孔隙度单向增大的现象消失, 地下水渗流方向恢复正常。自然电流临震异常也随之恢复。由此可见, 地震孕育过程中地壳介质内断裂的形成和扩展是形成自然电场异常的首要条件。

表2

发震日期	发震时刻	震级	主压应力方向
1971.6.15.	15—39—32	5.2	12°
1971.6.16.	06—04—07	5.8	21°
1971.6.16.	08—58—30	5.6	24°

4、6月30日至7月14日南北道自然电流突然出现大速率下降。

这时(即第IV、V时段), 自然电流矢量方向紊乱, 两道自然电流曲线变化不同步。这种大速率下降可能是一种“掉格”现象。上面曾经指出, 6月15日至6月29日余震释放的

能量占余震序列的90%，经过这次能量释放后该区进入震后应力调整阶段。上文还指出，东、西、南三板埋在破碎的基岩附近，唯有北极埋在颗粒均匀的砂、砂质粘土中。这种介质对应力状态的改变很敏感。当该区进入震后应力调整时期时，北极板附近的介质颗粒很快处在松弛状态，接地电阻增大。于是南北道回路中自然电流值系统地偏小。

综上所述，我们不难找出活动断裂带附近自然电位和地下水位往往相关变化的原因。在地震孕育过程中，自然电场和地下水位异常是同地下水运移密切相关的两个物理量。它们从不同侧面反映了地下水孔压梯度和介质渗透系数的变化。并且断裂的形成和扩展（即渗透系数的改变）是造成自然电场和地下水位异常的主要因素。这就是它们与震源力学过程相联系的共同物理基础。

活动断裂带是地下水运动的不稳定地带，也是自然电场强烈变化的地带。在强震孕育过程中，活动断裂带及其附近往往明显地显示与地下水运移有关的各种短临异常。因此，在活动断裂带附近综合观测自然电场和地下水位异常（甚至更多手段的综合观测）可能是监视断层活动，捕捉短临信息的经济而有效的途径。

（本文1981年3月16日收到）

A ANOMALOUS PATTERN OF TERRESTRIAL ELECTRICITY RELATED TO FRACTURE ACTIVITY BEFORE AN EARTHQUAKE

Mao Ke

(The Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region)