

武山矿泉的水氡变化和松潘、礼县地震

林思诚、徐玉华、阎贤巨、张增

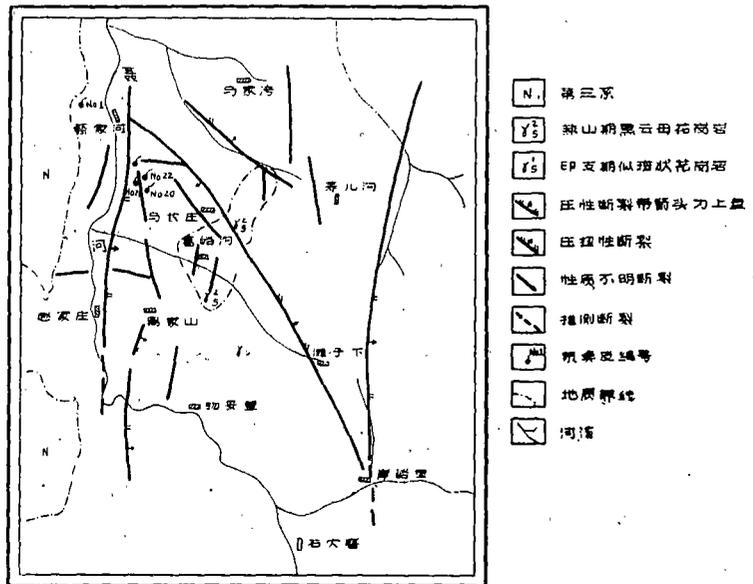
(兰州地震研究所)

1979年5月22日和7月25日，分别在四川松潘和甘肃礼县发生了4.7级地震。武山矿泉的水氡对于这两次地震均有较好反应。震前，我们根据矿泉和周围各类泉点组成的“泉网”的水氡变化形态，曾作了预报，震级、地点和时间都对得较好。认真总结开展“泉网”观测的经验教训，对于探索震前水氡变化规律、监视震情是很有意义的。

一、武山矿泉地球化学环境概述

从大的构造来看，武山矿泉位于秦岭北侧北西西向大断裂带上，并有北东向构造相交会。矿泉附近的基岩为印支期的灰白—肉红色中细粒似斑状花岗岩：斑晶为正长石，含量一般达5%左右；主要矿物有斜长石、微斜长石、石英，次要矿物有黑云母、角闪石，副矿物有磁铁矿、磷灰石、黄铜矿、含铀矿物、独居石等。在温泉区的局部构造上，这一带主要展布有走向为北西西，北西及近南北向的构造形迹，表现为蚀变，挤压及断裂等（见图一）。主要的断裂有两条：

1. 聂河断裂带 长5公里以上，总体走向近南北，由一系列NNE、NNW和近SN走向、东倾的小断裂组成，破碎带宽20—300米，具有先张后压的特征；晚期活动明显。在破碎带内，裂隙发育，有一定张开度，填



图一 武山温泉地区地质构造略图

• 参加此工作的还有孔学周和张佩山

充物较少, 导水性强, 利于地下水向深部循环。由于断裂所通过的岩性不同, 破碎带宽窄不一, 造成含水性也不均匀, 沿断裂带泉水的分布也有很大差别。

2. 蔡家河—马长庄—岸峪里断裂 长7公里以上, 走向 $NW60^{\circ}\sim NW25^{\circ}$, 以NE倾为主, 倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$; 在马长庄以北, 表现为SW倾。沿断裂可见泥质角砾岩、糜棱岩、构造泥等。断面舒缓波状, 擦痕多见, 以顺时压扭为主, 在个别地段亦见有反扭现象。该断裂属于隔水构造。上盘有许多泉水出露。此断裂在蔡家河附近与聂河断裂带交汇。

这一地区属于高山区, 地形陡峻, 比高约600—700米, 相对侵蚀基准面约为海拔1650米。区内地下水较发育, 出露有构造裂隙水, 花岗岩风化壳裂隙水, 第四系潜水等。矿泉出露在上述两组断裂交汇处附近的大、小汤沟。

据现有资料分析, 热水的主要来源系大气降雨补给, 并有深部岩浆作用的残余产物—热水溶液的混入。因此, 矿水中含有来自地壳深处的氟、氦等元素, 而与周围的风化壳裂隙水有显著的差别。其大致机理为: 雨水沿聂河断裂带逐渐下渗至深处, 受地貌影响而从南往北缓慢流动, 接受地热加温, 同时有深部热液不断混入。至蔡家河一带, 受到马长庄压扭性断裂阻挡而上升出露, 形成热矿泉。

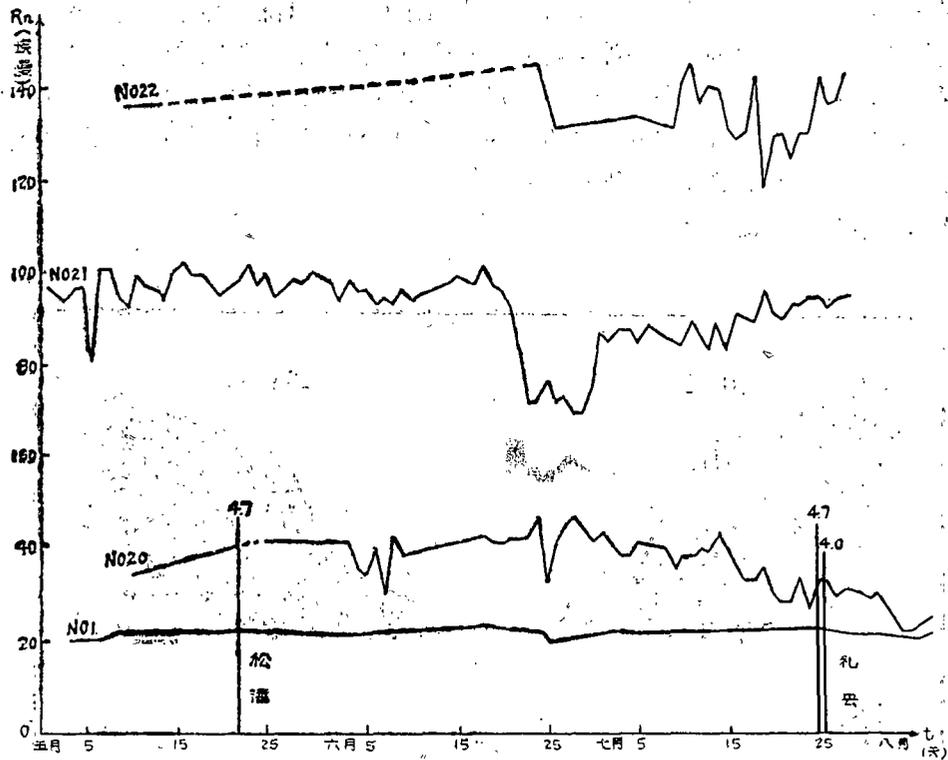
二、开展“泉网”观测, 排除干扰, 扑捉震情

利用单个水点的水氦异常预报地震是很困难的: 不但难以确定地震三要素, 而且在如何区分有震异常与无震异常(干扰)的问题上, 也存在很多困难。因为有很多外界因素, 如太阳黑子活动, 潮汐、气象气候、地质地貌, 水文因素及人工活动等, 都可能引起地下水动态的变化, 从而使水氦值也发生变化。这些干扰因素大致可以分为周期性的和随机的两大类。对于周期性的干扰, 可以通过长期观测, 找出其变化规律后加以排除。例如, 研究泉水的年变规律, 就有助于排除气象气候、水文因素等引起的某些周期性干扰。但对随机干扰, 却只有经过认真考察, 仔细分析后才能判定。我们认为, 在某一主观测泉附近地区的不同构造部位, 选择几个不同类型的泉点组成“泉网”, 进行长期观测, 对比, 有助于排除随机干扰。今年我们在武山矿泉进行了这一试验, 说明这种办法是行之有效的。

武山矿泉自1976年6月整修后, 在正常情况下, 氦值稳定在98埃曼左右。若氦值下降至90埃曼以下, 在恢复至正常值附近时, 往往在其南部的西和、礼县、宕昌一带, 四川的松潘、平武地区或是北部的西(吉)海(原)固(原)地区发生地震。这已为过去的多次震例所证实。

1979年5月6日上午, 我们发现矿泉的水氦由98埃曼突然下降至82埃曼。为排除测量误差, 下午又取样用两台FD—105及一台FD—125仪器同时进行观测, 结果非常吻合。另外, 我们又对前几天测过氦值的各类冷泉进行复测, 发现它们的氦值变化都没有超出误差范围。这说明矿泉水氦突跳系深部地下水动态发生某种变化所致。我们据以往经验, 认为一周内, 在松潘、平武或礼县、宕昌一带可能发生4级左右地震。结果, 5月22日在松潘发生了4.7级地震。

这次地震后, 矿泉的水氦值一直在100埃曼上下波动。6月23日, 氦值又突然从94埃曼下降至72埃曼左右, 以后一直保持低值, 至7月初才缓慢回升至88埃曼左右。矿泉氦值大幅度降低时, 我们查阅了近期的气象资料, 并对矿泉附近的水文情况进行了认真考察, 发现6月22



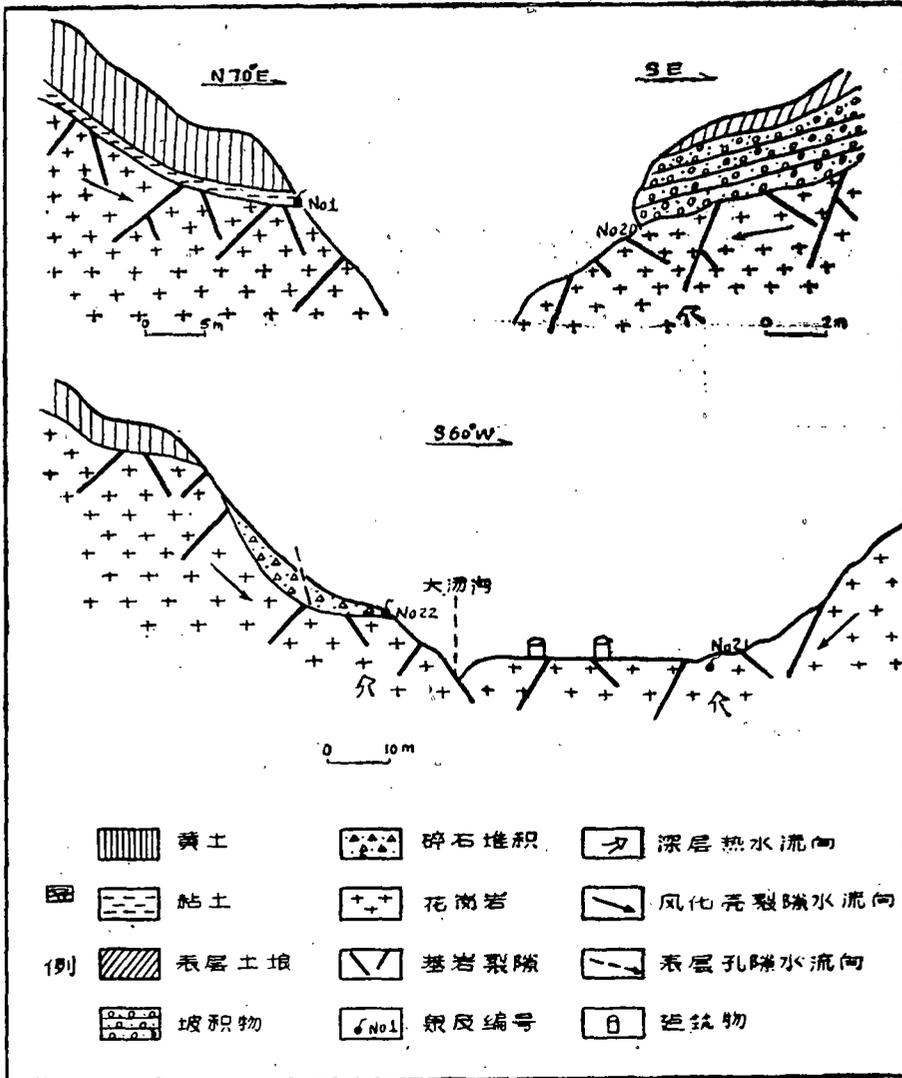
图二 四个泉点的水氫日变曲线

附表

结果项目	泉号 No 1	No 20	No 21 (矿泉)	No 22
出露位置	聂河西岸小沟脑	大汤沟南岸半山坡	大汤沟南岸	大汤沟北岸
标高(米)	1750	1800	1740	1750
泉水类型及流出形态	风化壳裂隙泉, 局部承压。水呈股状向上流出。	裂隙泉, 无承压。水从花岗岩裂隙中呈小股状涌出。	断裂泉。出露口已封闭。	断裂泉。水通过碎石堆积物呈股状流出。
水温	11.5℃	22℃	46.5℃	27℃
流量升/秒	0.12	0.021	1.4	0.05
色、臭味	无色、无臭、无味	同左	同左	同左
PH	8.0	8.4	9.0	8.8
水质类型	HCO ₃ ⁻ —Na ⁺ —Ca ⁺⁺ 型	HCO ₃ ⁻ —Ca ⁺⁺ —Na ⁺ 型	HCO ₃ ⁻ —Na ⁺ 型	HCO ₃ ⁻ —Na ⁺ 型

日曾下了一阵雨，泉点上方的冷水管不久前曾通水灌溉，一口沉井井壁有微小裂缝。因此，氡值的大幅度下降，究竟是地震前兆，还是降雨或地表水大量混入所致？为解决这一问题，我们加强对与温泉处于同一构造破碎带上，但出露位置和出露条件并不相同的No20、No22两泉的观测，同时还对聂河西岸（断裂带外）的No1泉进行了定期观测，其结果见图二。为便于分析，我现将这些泉点的概况见附表表如下：

这些泉点的出露条件见图三。



图三 四个泉点的示意剖面图

根据水文地质资料分析，这些泉水的补给来源不同：No21（矿泉）、No22主要是深层脉状裂隙水（热水）补给；No20主要是风化壳裂隙水补给，并有深层热水混入；No1完全是风化壳裂隙水补给。从图三可以看出，它们的出露条件也不一样；No20、No22出露口有

一层坡积物或碎石堆积物复盖，雨水一旦透过这层复盖物就将与泉水相混而引起氦值下降，而对No1来说，雨水要通过花岗岩裂隙长距离缓慢渗透，此时它溶解了岩石中释出的氦气，已基本达到动态平衡，因此降雨对这类泉水的氦含量影响不大。至于矿泉，由于泉眼已用水泥封闭，排除了地表水直接混入的可能，雨水或沟水也只有通过花岗岩裂隙缓慢循环才能混入。

上述分析表明，降雨对No20、No22两泉的影响要比对矿泉的影响快得多，也大得多。但从这些泉水的氦日变曲线（图二）来看，6月22日降雨后，矿泉的氦值在23日大幅度降低，而No20、No22两泉的氦值却在上升，至25日或26日才出现低值突跳。再者，这里从6月30日晚至7月5日连续下大雨，No20、No22两泉氦值出现趋势性降低是可以理解的，但这时矿泉的氦值却在回升。这些事实说明，矿泉氦值从6月23日起出现大幅度下降确与前一天的降雨无关。但是否是由沉井井壁裂缝，地表水大量混入所致呢？也不是。这是因为：1. 在我们将沉井堵塞后，其氦值仍继续下降。2. 从“泉网”观测资料分析，与沉井裂缝可能造成地表水混入显然无关的No20、No22、No1三泉，继矿泉之后，于25日或26日也都出现低值波动。这种与No21泉同步异常反应，显然与该地区的某种地壳变动有关。因此，我们认为，矿区泉氦值大幅度、长时间下降及其他泉点氦值变化确是地震前兆信息。于是我们在7月9日向有关部门再次提出：礼县、宕昌一带或松潘、平武地区，近期内可能发生中强地震。若发生在松潘、平武，震级将达5级；若发生在礼县、宕昌，震级将小些，但随异常时间持续，震级可能加大。结果，7月25日、26日礼县连续发生4.7级和4.0级地震。

三、几点启示

进行“泉网”水氦观测的工作虽然刚刚开始，但已取得了一些重要数据，在预报地震的道路上又迈出了一步。总结这一阶段的工作，我们认识到：

1. 在某一小区域内，选择若干个处于不同构造部位各类泉点组成“泉网”，进行长期观测研究，可以排除随机干扰，及时发现地震前兆信息。条件许可时，不但要观测水氦，而且对气体成份、水质，特别是对某些特征元素也要进行长期连续观测。这样，结合当地的地球化学环境，综合分析、对比“泉网”的各种资料，不仅有可能提出较准确的预报意见，而且有助于某些理论研究工作的深入。在这方面，武山矿泉地区有很多有利条件，今后必须加强这方面的试验研究工作。

2. 仔细分析它们的水氦变化曲线，可以看出：7月25日的礼县4.7级地震，矿泉的水氦异常出现得早，且幅度大，持续时间长。处于断裂带上，与深层地下水有关的No20、No22两泉的水氦异常也很明显，但出现得晚些，且幅度较小。断裂带外的No1泉异常不大明显。这说明该地区的水氦异常主要与深层地下水（热水）的动态有关。

3. 从现有观测资料分析，5月22日的松潘4.7级地震，矿泉水氦震前有明显突跳，周围冷泉水氦无显著变化。这给人一种印象：远震只对矿泉水氦有影响。而7月25日礼县地震（近震）对矿泉及周围各类泉点水氦都有影响。由于我们积累的数据还不够多，对此问题还无法判定，有待进一步观测研究。如有结果，则有助于预报地点及水氦异常机理的研究。