

短文

武威5.5级地震前地下水中氡浓度异常变化及机理的讨论

1. 基本情况

1984年1月6日在甘肃省武威旦马——西营地区($N37^{\circ}59'$, $E102^{\circ}10'$)发生了一次5.5级地震。震中位于龙首山——冷龙岭——青石岭北北西向一级隆起带的东缘与武威——中宁——中卫东西向构造带北缘的交汇部位。

该区及其附近水化台站较少,距震中三百公里范围内仅有三个专业台(兰州五泉山台,距震中260公里;金昌市河西堡台,距震中70公里;西宁台,距震中180公里),二个骨干群测点(山丹红寺湖,距震中150公里;金昌北海子,距震中50公里,见图1)。其中,兰州五泉山台、金昌市河西堡台观测到了不同程度的水氡前兆异常。

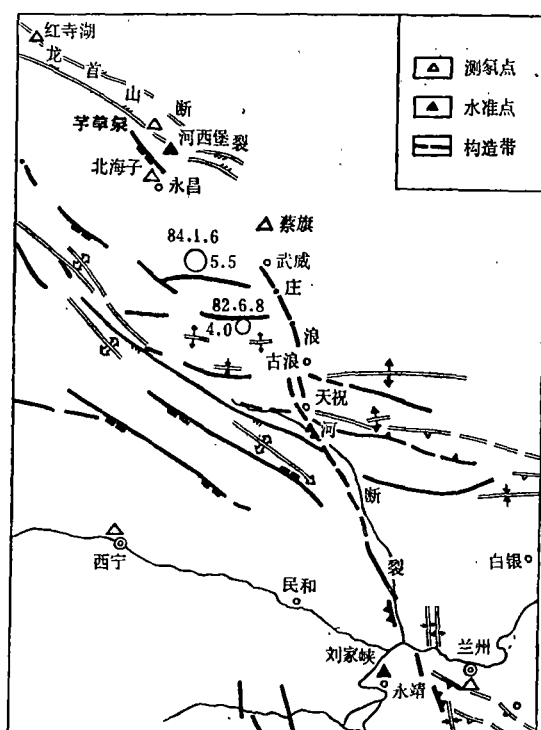


图1 前兆观测点、震中位置及地质构造示意图

2. 异常情况

(1) 兰州五泉山西龙口泉

兰州五泉山西龙口泉为下降泉,泉水从第四系砾岩裂隙中呈多股流出,总流量约为1升/秒。含水层为五泉砾石层(Q_1),主要补给来自西南地区的大气降水。水温 $13.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

从1970年底起对该泉水氡和水质进行综合观测, 近几年来, 氡值在 27.8 ± 1.9 贝可/升 (原表示单位: 7.5 ± 0.5 埃曼) 范围内变化。距泉点200公里范围内仅发生了一1982年4月14日宁夏海原5.5级地震。可能由于该泉与其没有直接的构造联系, 故未观测到明显异常, 但1976年8月16日松潘——平武7.2级地震前 (距震中360公里) 该泉曾出现突跳[1]。

该泉水氡月均值年变形态呈近“直线型”。这次地震前二个月, 即从1983年10月底起打破年变规律, 出现下降异常, 12月底降到最低值, 变幅10%。地震发生在低值区, 震后氡值缓慢回升 (图2a, 表1)。震前水氡日值显示在趋势下降的背景上于11月29日出现幅度为14.0%的负突跳 (图3b)。泉水流量于11月24日出现突降 (图3a), 幅度为15.8%。二者都是1983年全年中最大的变化。与此同时, 震前水氡连续观测月均值也出现二个月的同步下降异常, 幅度为13.9% (图2b, 表1)。

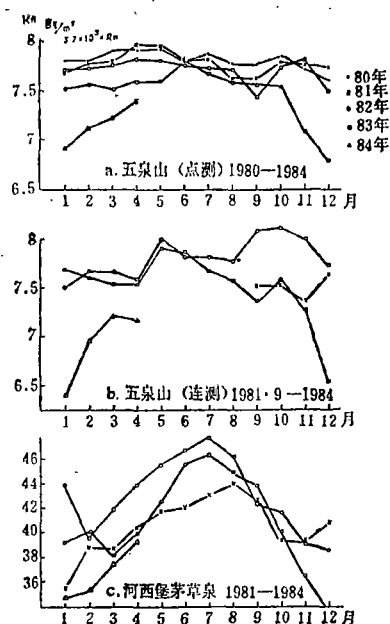


图2 各测点氡浓度历年月均值图

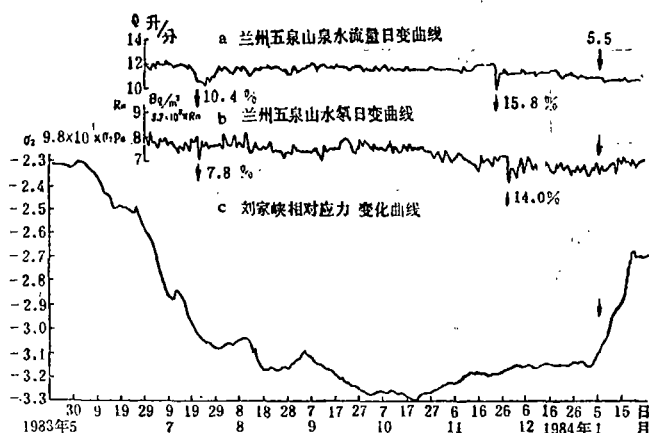


图3 兰州五泉山水氡、流量及刘家峡相对应力变化对照图

(2) 金昌市河西堡茅草泉

金昌市河西堡茅草泉位于龙首山山间谷地, 泉水出露于断层破碎带上。该泉为上升泉, 流量0.15升/秒。

从1981年起对该泉水氡含量进行日观测, 变化范围为130——174贝可/升。年变形态呈夏高冬低的“弓”型。震前二个月水氡月均值打破年变规律, 出现大幅度下降, 1983年12月底降到最低值, 幅度为15.9%, 与1982年同期相比约低22贝可/升 (图2c, 表1)。除趋势降低外, 在12月27日水氡日均值出现突降, 幅度达11.6%, 震前一天又突然升高12.8% (图4, 表1)。该泉水氡值波动范围较大, 突变现象也较频繁, 但12月27日出现的突降是全年最

低的,又发生在趋势下降的背景上,因此应认为是可靠的。

综上所述,这此地震前没有观测到氡值的长期趋势变化,仅在震前二个月出现短期趋势异常和临震突跳。就短期变化而言,两个观测点观测到的时间比较同步(约从1983年10月底开始),幅度也大体相仿(10%—17%)。

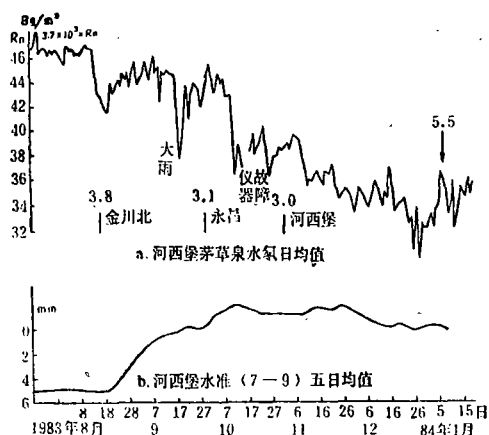


图4 金昌市河西堡茅草泉水氡日值及河西堡水准
(7—9)五日均值对照图

表1

各泉水化因子异常情况统计

异常形态	观测点	距震中 (公里)	异常因子	异常出现日期	距发震时间 间隔	异常幅度 (%)
短期趋势异常	兰州五泉山	260	一点测氡	1983年11月~12月	二个月	-10.0
			连测氡	1983年11月~12月	二个月	-13.9
	河西堡茅草泉	70	氡	1983年11月~12月	二个月	-15.9
临震突跳	兰州五泉山	260	流量	1983年11月24日	43天	-15.8
			点测氡	1983年11月29日	38天	-14.0
	河西堡茅草泉	70	氡	1983年12月27日	10天	-11.6
			氡	1984年1月5日	1天	+12.8

3. 水氡异常机理的探讨

兰州五泉山水氡观测点主要与其南部的兴隆山——马啣山——武山北西向构造带及西北方向庄浪河构造带联系密切。五泉山观测点和刘家峡地应力站分处这两条构造带交汇部位的东西两侧(图1),相距50公里。1984年1月6日旦马——西营地震前,两个台都观测到明显的前兆变化。为便于对照,笔者将刘家峡相对应力(σ_2)值的变化绘于图3中(图3c)。从图中可以看出,刘家峡相对应力从1983年6月开始出现趋势性下降,10月降到最低(此时水氡异常开始),总下降幅度约 $9.8 \times 10^4 \text{ P.}$,然后回返,1984年1月5日开始明显升高,1月6日发生地震,震后应力值继续回升。应力值的变化过程与水氡十分相似。

金昌市河西堡茅草泉位于龙首山断裂(NWW)与庄浪河断裂(NNW)交汇的部位。震后调查发现,河西堡固定水准自1983年8月以来变化加剧,1号点、9号点上升0.9毫米

(图4b), 与河西堡茅草泉水氡异常互为佐证。因此, 可以说这次地震前的水氡异常变化与区域地壳应力作用有关。从构造背景来看, 兰州五泉山和河西堡茅草泉都处于构造交汇点附近, 当区域应力加强时可同时在这二个交汇点上积累应力, 使水氡出现短趋势变化。

兰州五泉山水氡和泉水流量先后各出现二次明显突降(图3a、b)。第一次在7月21日, 水氡和流量同时突降, 幅度分别为7.8%和10.4%。第二次, 泉水流量在11月24日下降15.8%, 11月29日水氡突降14.0。这两次变化幅度虽不甚大, 但都是1983年全年仅有的突出事件(未发现干扰因素)。11月29日五泉山水氡突降发生在震前38天, 不仅符合“倍九”规律^[2], 而且可能还受到磁暴和大气压力的调制作用^[8]。据兰州地磁台资料, 11月28日——30日有 $K=5$ 的磁暴, 最大偏幅发生11月29日; 据兰州气象台资料, 11月29日兰州地区气压曾出现1983年1月1日以来的最高值865.9mb。从而说明, 当地壳应力——应变处于某种不稳定状态时外因(磁暴和大气压力变化)调制作用触发了断层的蠕动, 使水氡出现突跳异常。

在本文成文过程中, 曾得到钟广进、王长岭、查小刚等同志的指导, 王慧玉、李元贞、任铁生等同志为本文提供有关观测资料, 在此一并致谢。

(国家地震局兰州地震研究所 姚庆春)

(本文1984年8月24日收到)

参 考 文 献

- [1] 王长岭、姚庆春、龙明、松潘——平武地震前震中以北地区泉点水氡含量异常的特征及其引起原因, 地震学报, Vol. 2, No. 3, 1980.
- [2] 郭增建等, 地震活动倍九日期, 地震战线, No. 4, 1978.
- [3] 郭增建、秦保燕, 论短临地震预报的调制模式, 西北地震学报, Vol. 2, No. 1, 1980.

DISCUSSION OF ANOMALOUS CHANGES OF RADON IN THE UNDERGROUND WATER AND ITS MECHANISM BEFORE THE EARTHQUAKE OF $M=5.5$ IN WUWEI

Yao Qingchun

(Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau, China)