

浙江宁波ZK—03

井水氡正常变化和地震效应

潘月珍 余俊和 邱永平

(浙江省地震局)

提要 本文分析了宁波ZK—03井1979—1987年的水氡观测资料,发现该井水氡正常动态平稳,但在南黄海6.2级地震,舟山3.9级地震和台湾花莲7.6级地震前均有不同程度的负异常显示。文中还对异常形成的机理作了探讨。

地下水化学预报地震的基本点就在于判定水化学组分的正常动态,提取地震异常信息。

因此,施测的每一个监测井,其水化学组分是否具有稳定的正常动态,是否能显示一定的地震前兆异常信息,是评价该井是否具有地震监测意义的基本条件。本文通过对实测资料的分析,讨论宁波ZK—03井的水氡变化特征。这对该井的地震水化学监测有重要的理论和实用意义。

一、井孔条件

浙江宁波ZK—03井在宁波地震台院内,是水化学、地应力联合观测孔。它位于宁波盆地北部山区与平原交界处的宁波市郊费市乡灵山村山脚(北纬 $29^{\circ}58'$,东径 $120^{\circ}31'$,海拔20米)。该孔夹于两条北北东向大断裂之间,东侧距镇海—温州大断裂约25公里,西侧离上—一丽水大断裂约55公里,

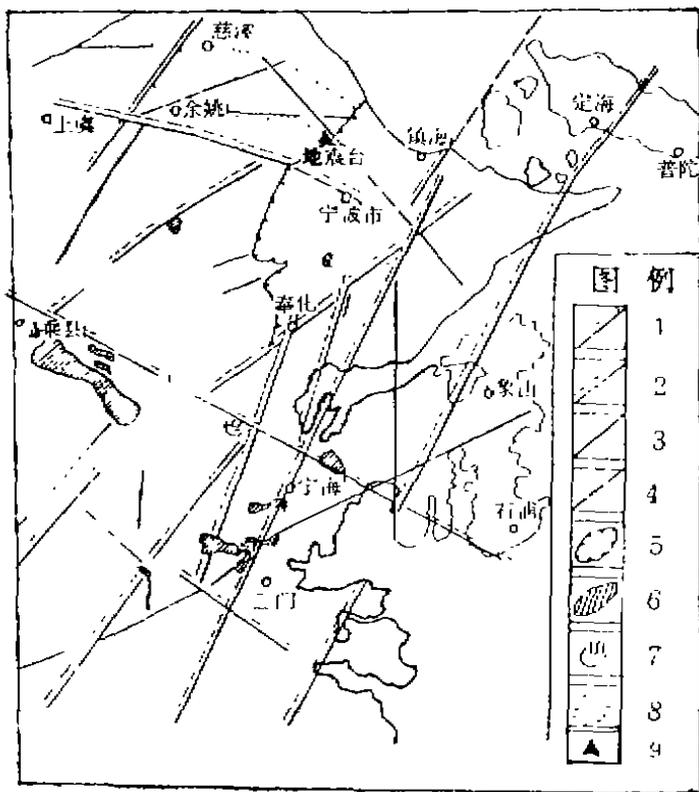


图1 宁波ZK—03井地理位置及构造环境示意图

Fig. 1 Geographical position and tectonic environment at the well of No. K—03 in Ningbo

1. 活动断裂;
2. 推测活动断裂;
3. 性质不明断裂;
4. 推测断裂;
5. 第四纪盆地;
6. 晚第三纪玄武岩;
7. 温泉;
8. 山区与平原界线;
9. 地震台及井孔位置

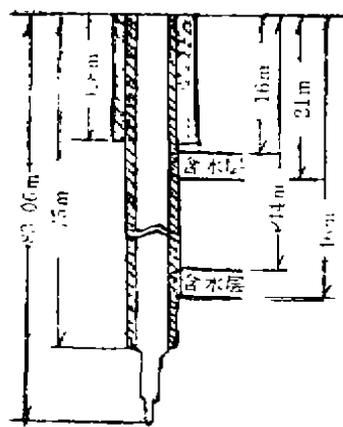


图2 宁波ZK—03井孔柱状剖面示意图
Fig. 2 Columnar section at the well of No. ZK—03 in Ningbo

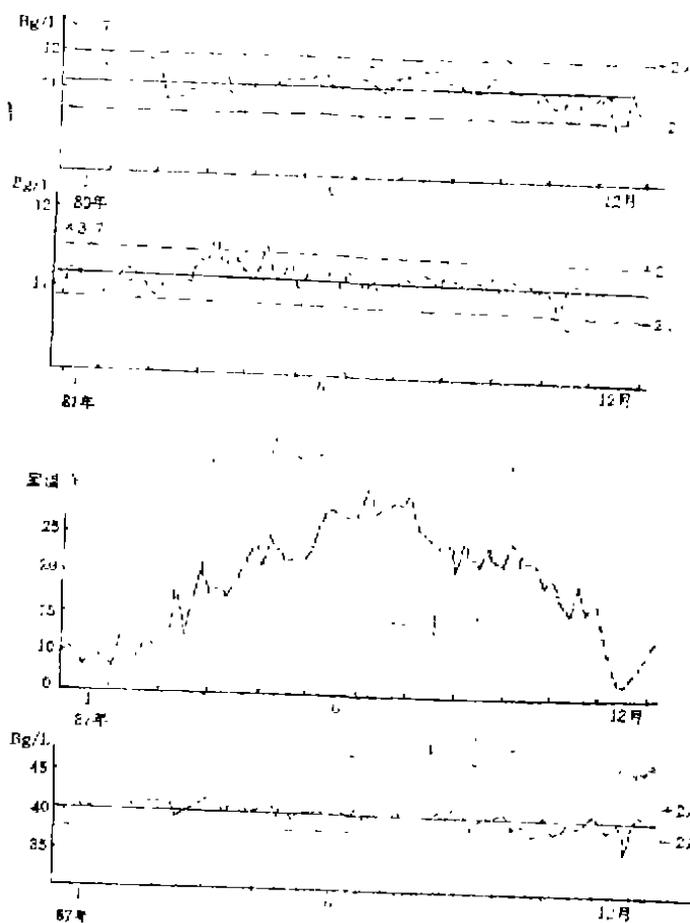


图3 水氡正常动态特征曲线
Fig. 3 The characteristic curve of normal dynamic state of radon in groundwater

距较大的次级北西西向余姚—宁波断裂带约7公里(图1)。

该井深83.06米(图2),为承压裂隙水(自流井),井口水温为18℃。井孔围岩为一套上侏罗统火山岩,岩性致密坚硬,整体性好,第四纪覆盖物厚6.3米。井内有两层套管,φ168的钢套管下至9.8米处(第四纪覆盖层下),φ146套管下至75米处,两套管间用水泥充填。该井有两个含水层,分别在16—21米和44—46米。现井水流量2吨/日(1985年3吨/日),含氡量年平均为40Bq/L。井孔周围几公里内无其他深井开采或人为干扰,所以,该井具有良好的水文地质环境条件。

二、水氡的正常动态变化特征

浙江省系少震弱震区。自1976年建立测震台网以来,本地区地震活动强度弱、频度低,省内未发生过5级以上地震,最大地震为1985年9月11日的舟山大巨岛 $M_s=3.9$ 级地震。1980年以来,邻省区的强震活动主要有1984年5月21日的南黄海 $M_s=6.2$ 级地震以及1986年11月15日的台湾 $M_s=7.6$ 级强震活动。

宁波台水氡自1979年5月正式投入观测,几年来观测资料连续可靠。1979—1987年水氡与气温、室温、气压、降雨量的相关分析结果表明,水氡

值与这些气象因素均无相关关系。1980、1981年(地震活动“平静期”)的观测结果表明,水氡正常动态为平稳型(图3),可取其均值为基值,2倍均方差(2σ)为变化之上、下限。

资料表明,宁波ZK-03井孔具有含水层封闭好、水动力条件较稳定、不受气象因素和人为开采的影响等良好的环境条件,是一个理想的地震水化学监测井孔。

三、水氡的异常变化

系统分析水氡观测资料发现,近年来本省及邻区三次较强地震活动前,该井确实观测到了水氡的异常变化,主要如下:

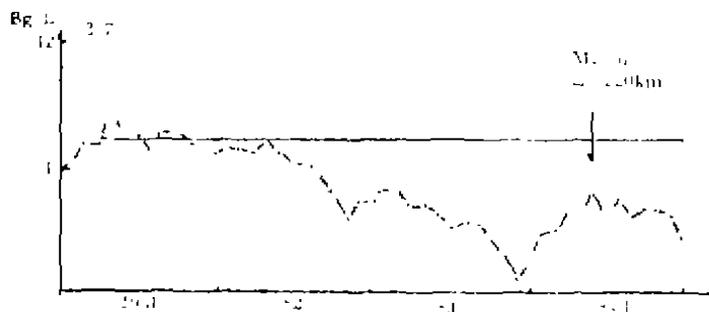


图4 南黄海6.2级地震前水氡异常曲线

Fig. 4 The characteristic curve of radon in groundwater before the earthquake of $M=6.2$ at the south of Yellow Sea

(1) 1984年5月21日南黄海 $M_s6.2$ 级地震前的水氡异常变化(图4)。

宁波ZK-03井距该震中220公里。震前,自1982年下半年开始水氡测值呈趋势性缓慢下降,至1983年11月达最低值,回升后发震。此趋势下降,持续时间为1年半。水氡值自1983年11月后回升至发震,异常时间近6个月。总异常时间约2年。

(2) 1985年9月11日浙江舟山 $M_s3.9$ 级地震前的水氡异常变化(图5)。

宁波井离震中114公里。该井水氡测值在震前4个月出现明显的趋势性下降,至6月下旬后缓慢回升,水氡测值接近正常基线值时,于9月11日发震,最大异常幅度大于10%。用一阶差分法处理,可见,震前氡值出现离散度增大的短临异常(图5-b)。

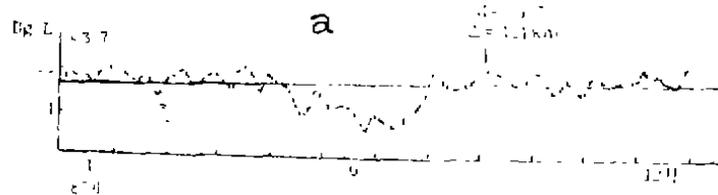
(3) 1986年11月15日台湾花莲 $M_s7.6$ 级地震前的水氡异常变化(图6)。

宁波距震中600多公里。从水氡观测曲线可以看到,自1986年5月起水氡值由1984年、1985年的基线值缓慢下降,6月后稍回升,11月发生7.6级地震后测值持平稳变化,异常持续时间半年。震后测值一直未回升恢复至原基值。

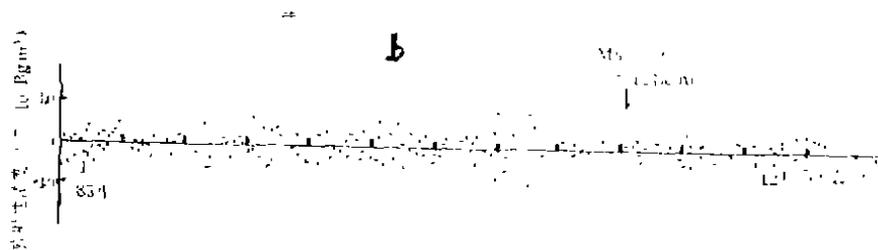
综合上述震例,可得出以下几点:

(1) 宁波ZK-03井的水氡,在地震相对平静期,有明显的平稳变化正常动态特征。在1980年以来的三次地震事件前,该井水氡均出现显著不同于正常动态的异常变化,经查,这些变化与其他非地震因素无关。因此认为,这些异常变化应与地震前的区域应力活动有关,它们是可能的地震前兆异常变化。

(2) 三次地震前,ZK-03井的水氡异常均表现为负异常,但异常形态和异常持续时间又各不相同。南黄海 $M_s6.2$ 级地震和舟山 $M_s3.9$ 级地震前该井的水氡异常,基本属近场异常,但前者总异常持续时间近2年,其中大致可分为约1年半的中期趋势异常和6个月的短



(a) 水氡五日均值曲线



(b) 水氡含量日差值曲线

图5 舟山3.9级地震前水氡异常变化

Fig. 5 The characteristic curve of radon in groundwater before the earthquake of $M=3.9$ in Zhoushan

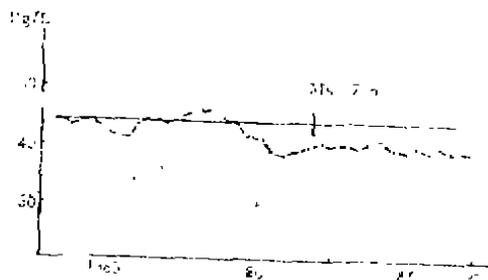


图6 台湾花莲7.6级地震前水氡异常曲线

Fig. 6 The characteristic curve of radon in groundwater before the earthquake of $M=7.6$ in Hualian, Taiwan

期异常，而后者，仅有持续时间约4个月的短临异常。与其他地区震例对比，似存在异常持续时间随震级而增大的特征，因此，它可能是预测未来地震震级的指标之一。

(3) 将南黄海 $M_s6.2$ 级地震与台湾花莲 $M_s7.6$ 级地震前宁波ZK—03井水氡异常变化作比较可见，由于南黄海地震属近场异常；台湾花莲地震属远场效应，因此，尽管南黄海地震震级小，但其震前异常持续时间却比台湾花莲地震长。这说明，在根据震前异常持续时间估计未来地震震级

时，需进行综合分析判断，不能仅依据单一测点的资料作出结论。

(4) 南黄海地震和台湾花莲地震的水氡负异常，在震后并未恢复到下降前的基值，而是在一新的较低的测值水平上呈平稳的正常变化。这可能就是强震孕育、发生过程中，区域应力活动产生的应变阶或类似应变阶的非弹性应变引起的结果。

四、认识和讨论

(1) ZK—03井是具有良好水文地质条件的裂隙承压水井，有稳定的水化学正常动态。

观测资料表明，在区内和邻区的三次有影响的地震活动前，均有不同程度的异常显示，是一个较理想的震兆灵敏井。该井的水化学观测能为地震水文地球化学正常场和震兆异常特征的研究提供有价值的基础资料。

特别值得提出的是，ZK—03井位于无震（或少震）的浙江省，它既观测到了近场的水氡地震前兆异常，也观测到了远场地震前兆效应，这对在少震区开展地震前兆观测提出了新的评价和意义。此外，该井为地应力、水化学综合观测井，今后可通过对地应力、水化学、流量及其他辅助项目观测结果的进一步综合研究，探讨地震前兆的机理、地球物理、地球化学震兆之间的关系。因此，该井的观测具有特殊的意义。

（2）宁波ZK—03井水氡显示震前异常的可能的主要机理是：该井具有两个含水层，在震前应力加强作用下，不同层位裂隙的开启、发育情况各异，其中地下水的运移情况就发生变化，以致改变了原来两层水的混合比例，引起混合水出现明显的水化学异常变化，从而使该井成为水化映震灵敏井。震前异常幅度、异常形式等取决于两含水层氡含量差异、混合比改变的大小等。

参 考 文 献

- 〔1〕冯绚敏等，水氡远源异常初步分析，华南地震，Vo. 6, No. 4, 1986.
- 〔2〕余兆康等，泉州—汕头地震带水氡正常动态变化与异常特征，地下流体预报地震论文集，国家地震局分析预报中心三室编。
- 〔3〕邢宏荫等，辽阳汤河井水氡综合清理报告，地震，1986年增刊。
- 〔4〕水化清理攻关小组，水文地球化学方法预报地震的可能性与有效性，中国地震，Vo. 4, No. 1, 1985.

THE NORMAL VARIATION OF RADON IN GROUND- WATER AT THE WELL OF NO. ZK-03 AND SEISMIC EFFECT IN NINGBO, ZHEJIANG PROVINCE

Pan Yuezhen, She Junhe, Qiu Yongping

(Seismological Bureau of Zhejiang Province)

[Abstract] By analysed the observational data (1979—1987) of radon in groundwater at the well of No. ZK-03 in Ningbo, it is found that the normal dynamic state of the radon in groundwater is stable, but before three earthquakes of $M=6.2$, $M=3.9$ and $M=7.6$ at the south of Yellow Sea, Zhoushan and at Hualian of Taiwan, there were different abnormal variation, by which the mechanism is analysed in this paper,