

中强地震前水氡短临异常的研究

张文冕 姚庆春 杨淑英

(兰州地震研究所)

摘 要

本文根据对甘肃省及邻区近几年来发生的松潘7.2级强震、礼县5.0级中强震和海原5.5级中强震前水氡短临异常的分析研究,以及对多年来收集的50个中、强震例共139泉次水氡临震突变资料的分析研究,提出了有监视能力的水氡观测网点。若氡含量出现短趋势加速上升(或下降)和临震突变的同步异常,则可能是发生中、强震的一个前兆信息。据此较好地试报了1982年6月8日武威4.1级地震。

寻求地下水中氡含量(以下简称水氡)于震前短期加速变化,尤其是突变这个短临指标,是地震工作者一项极为重要的课题。震前预报或震后总结的经验表明,震前水氡短临异常是显而易见的,而且是经常出现的,在海城、松潘、盐源、海原、礼县、武威等多次中、强震的试报中,已显示出它的重要性。在近十年来50多个中、强震例〔1〕〔2〕〔8〕*中,震前水氡都不同程度地出现突变和短期加速变化,选有水氡突变的139个泉次绘制于图1中。

由水氡突变频次随时间分布图可见,突变至发震的相隔天数具有“倍九”的优势〔9〕。

实际资料表明,水氡突变大都集中于震前几天至十几天。例如,1967松潘7.2级地震、1982年海原5.5级中强震、1979年礼县5.0级中强震(均发生在台网控制区域),震前均有部分泉孔水氡出现短期加速变化和临震突变的同步异常(详见表1和图2,3,4,5)。

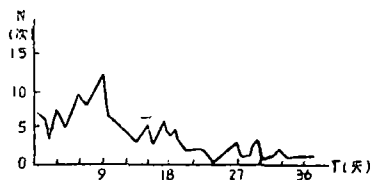


图1 水氡突变频次随时间分布
(50个震例, 139个泉次)

Fig.1 The times of sudden change of radon content in ground water vary with temporal distribution.

* 国家地震局分析预报中心, 1978年全国地震监视预报工作总结汇编。
国家地震局科研处, 地震地球化学文集, 1978。

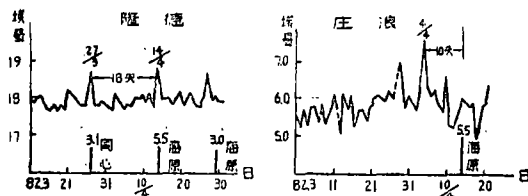


图2 海原5.5级地震前水氡突变异常

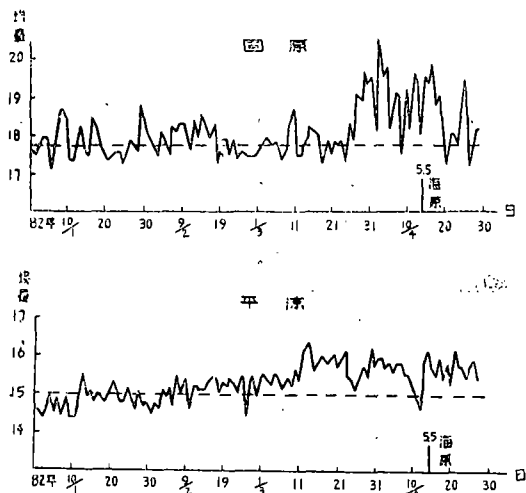
Fig. 2 The sudden change anomaly of radon content in ground water, before Haiyuan $M_s=5.5$ earthquake on April 14, 1982.

图3 海原5.5级地震前水氡短期异常

a. 平凉水氡日变曲线 b. 固原水氡日变曲线

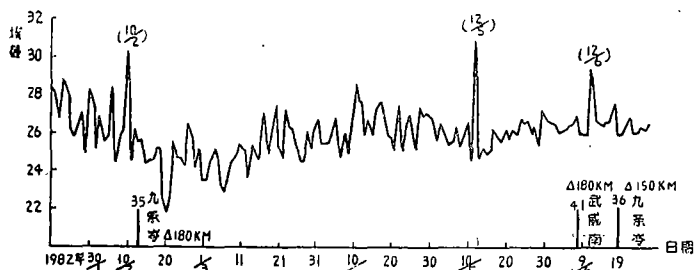
Fig. 3 The short term anomaly of radon content in ground water, before Haiyuan $M_s=5.5$ earthquake. The time of short term anomaly is around a month.

图4 山丹红寺湖泉水氡日变曲线

Fig. 4 The daily change curve of radon content in well water, Hongsihu, Shandan.

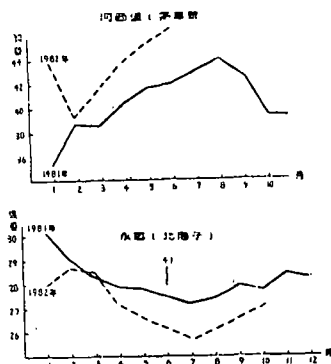


图5 武威4.1级地震前水氡短期异常

Fig. 5 The short term anomaly of radon content in ground water, before Wuwei $M_s=4.1$ earthquake on June 8, 1982.

表 1

地震 (时间、地点、震级)	震前水氡突变异常				震前短期异常			
	泉名 (或台名)	震中距 (公里)	变化幅度 (%)	异常时间 (月, 日)	泉名 (或台名)	震中距 (公里)	变化幅度 (%)	异常时间 (月, 日)
1976. 8. 16(23), 松潘 M _s 7.2	甘孜	405	40	8, 8	通渭	310	10	7, 23
	姑咱	340	70	8, 10	巴塘	550	113	7, 12
	兰州	360	7	8, 8	康定	355	80	7, 6
	清水	300	22	8, 5	平武	40	88	6, 30
	武山	260	9	7, 18				
	武都	125	11	8, 2				
	茂汶	110	56	8, 16				
1982. 4. 14 海原 M _s 5.5	庄浪	80	27	4, 4	固原	40	7	8, 28
	隆德	60	5	3, 27	平凉	70	6	8, 12
	隆德	60	5	4, 14				
	固原	40	7	8, 28				
1979. 7. 25 礼县 M _s 5.0	松潘	260	33	7, 8	武山	40	25	6, 22
	通渭	100	10	7, 23				
1982. 6. 8 武威 M _s 4.1	山丹	180	20	6, 12	河西堡	75	12	2~8个月
					永昌	75	10	2~8个月

其中礼县 5.0 级地震前就水氡短临异常曾提出内部预报意见, 结果所预报的震级与时间相符, 但震中偏离较远, 这是因为出现异常的点分布在南北构造带上的仅有 2 个, 使发震地点难以预报。

据上述总结初步认为, 有一定监视能力的水氡观测网点区地下水中氡含量若出现短趋势加速上升(或下降)和临震突变的同步性异常, 则可能是判断发生中、强震的一个重要指标。用此指标又一次内部预报成功 1982 年 6 月 8 日武威 4.1 级地震。预报过程和依据如下:

5月21日和5月28日的两次局(所)震情会商会上, 水氡分析组根据河西堡茅草泉水氡和永昌北海子泉水氡从 2 月底以来分别加速上升和下降, 变幅大于 10%, 超过了正常年动态变化; 5 月 12 日山丹红寺湖水氡发生变幅达 20% 的突变, 且这三个泉点均分布在龙首山断裂和武威—古浪断裂之间的 100 公里范围内, 这一带小震活动比较频繁, 提出河西地区东部, 尤其是九条岭地区, 近期有发生 4 级左右地震的背景。在红寺湖异常后第 27 天, 对应了 6 月 8 日武威南 4.1 级地震。所预报的地点、震级和时间三要素基本相符。有关水氡异常形态详见图 4、图 5。

二、

通过对以上震例资料的综合分析, 可以初步总结下列几点经验规律。

1. 异常点空间分布的特点

凡是在有一定监视能力的水氡观测网点区发生中、强震, 其临震前总是有较多的泉孔出现短临异常。这里必需着重指出的是异常点空间展布受地质构造特征所制约。例如 1976 年松潘 7.2 级地震和 1982 年海原 5.5 级中强震前异常点分布沿南北构造带延伸, 在构造带以外异常

点很少。一般来说,中强震前异常点在300公里左右范围内展布,而7.0级以上大震异常点空间展布广而多(详见表1)。据水氡异常点空间分布范围,可以大致判断大震还是中强震。

2. 异常时间与形态分析

临震突变大多在震前几天至十几天。甘肃省及邻区呈突变型的泉孔有山丹红寺湖、宁夏隆德、平凉万泉、兰州五泉山、四川姑咱、松潘泉等。

短期加速异常型大多在震前1—3个月左右出现,如河西堡茅草泉、通渭温泉、平凉柳湖泉、宁夏固原泉等。有的是两种形态兼而有之,如武都、通渭、固原等。个别泉孔很少变化,如陇西、嘉峪关等冷泉。

短临异常的时间与震级、震中距无明显关系。异常形态与时间的差异主要是不同地质构造特点、地球化学环境和水文地质条件所造成的。

这里值得提出的是短期异常要与季节性变化严格区分。为此对短期异常的分析不仅要看日变曲线,还要看月均值年动态曲线。一般季节性变化有年复一年的重现性,而地震引起的短期加速异常是打破了年动态变化规律的(图5)。

3. 异常幅度分析

突变的判断一般要依赖于各泉孔氡测值所允许的误差范围。若已经消除系统因素的干扰^[4],则可以用标准误差^[5](均方误差)来表示。

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

式中 d_1 、 d_2 、 d_3 …… d_n 分别代表个别测值与平均值之差, n 代表观测次数。一般泉孔氡测值允许 $\pm 2\sigma$ 的误差范围,最大允许误差范围为 $\pm 3\sigma$ 。当误差超过 $\pm 3\sigma$ 时则不属于偶然误差,或当作异常对待或作为错误而舍弃。若没有排除系统因素的影响,可以根据多年连续可靠的资料做出不同时间段内的基值以及不同时间段内所允许的误差范围。这里必须要考虑到给定观测点的客观条件、氡含量高低、测试系统的精度和观测技术等诸因素,不能一概而论。例如宁夏隆德泉孔氡测值一直平稳,波动范围小于4%,1982年几次突变,虽然幅度仅达6%,但都理想地对应了海原所发生的几次中、小地震(图2)。有的却突变幅度很大,如武都、松潘、姑咱等泉孔。

短临异常的幅度差异性由各泉孔所处地球化学环境和水文地质条件的不同造成的,与震级、震中距无显著关系。当然,大震前短期加速变化的时间和幅度格外突出,例如松潘7.2级地震前的水氡异常比海原5.5级中强震前显著得多(表1)。

关于短临异常的机理问题,目前尚未定论。初步认为可能的物理基础是震源区主破裂前偶发性的断层蠕动或预滑,观测点的应力状态发生相应的剧烈变化,这种不稳定过程还可能接受外因(如固体潮、大气压力、磁暴等)的调制作用,使前兆蠕动急速发展,导致水氡短期异常加速或临震突变。国内外室内模拟实验和理论研究对此有所论证^{[6][7][8]}。至于短临异常点在时、空、强上的差异,则反映了前兆蠕动受地质构造特征、水文地质条件和地球化学环境的制约。

4. 无震异常分析

上述大量震例说明在有台网控制的区域内,中、强震前部分泉孔水氡出现突变和短期加速变化。但也有突变异常而无地震的事实,如1976年12月中下旬甘肃清水、通渭官泉、五泉

山、陇西等多泉孔大幅度突变,突变前后两个多月在200公里范围内无4.0级以上地震,500公里范围内亦无大震。这可能是区域应力场调整的作用,应力並沒有集中到发生中、强地震的地步。这种无震异常的形态往往是单一的,至今还未发现台网分布区出现水氡突变和短期加速变化的同步性异常而无地震的现象。这里必须强调指出的是,本文所讲的异常均是指排除系统因素干扰后的,且到目前为止用非地震原因(包括无震蠕动)还无法解释的异常。

至于有中强震而无异常的现象也屡见不鲜,据分析可能有两种原因:一是地震发生在水氡观测台网控制不到的地区;二是因为水氡突变往往是短暂的,容易被单点取样所遗漏,或者是震中附近仅有的少量观测泉孔本身就无明显反应。这是不难理解的,因为任何一次中、强震都不可能使该区所有观测泉孔出现异常。只有在有一定监视能力的水氡观测网点区内,地下水中氡含量若出现短趋势加速上升(或下降)和临震突变的同步性异常,则可能是判断发生中、强震的一个重要指标。

(本文1983年1月28日收到)

参 考 文 献

- [1] 陈非比等,唐山地震,地震出版社,1979.
- [2] 朱皆佐、江在雄等,松潘地震,地震出版社,1979.
- [3] 蒋凡,海城地震,地震出版社,1978.
- [4] 林颐跃,应该怎样处理水氡资料,地震战线, №. 4, 1980.
- [5] 华中师范学院,分析化学,高等学校试用教材,人民教育出版社,1981.
- [6] 康仲远等,唐山地震短期前兆信息的统计分析,地震科学研究, №. 1, 1979.
- [7] 罗光伟等,水氡突跳的模拟实验,地震战线, №. 1, 1979.
- [8] C.H. Scholz, J. Geophys. Res., 77, 1972.
- [9] 郭增建等,地震活动倍九日期,地震战线, №. 4, 1978.

STUDY ON SHORT TERM TEMPORAL ANOMALY OF RADON
CONTENT IN GROUND WATER BEFORE SOME MODERATE
AND STRONG EARTHQUAKES

Zhang Wen—mian Yao Qing—chun Yang Shu—ying
(Lanzhou Seismological Institute)

Abstract

In this paper, according to the analyse of short term temporal anomaly of radon content in ground water for some strong and moderate earthquakes in Gansu and near regions in the last few years, such as Songpan earthquake ($M_s=7.2$) in Sichuan, Lixian earthquake ($M_s=5.0$) in Gansu, Haiyuan earthquake ($M_s=5.5$) in Ningxia and based upon the data of 139 times of the impending earthquake sudden change of radon content in wells for fifty strong and moderate earthquakes collected and analysed, a network system of setting up observation points with detecting capability of radon content has been proposed. In case the sudden change of impending earthquake of radon content, that is speedy ascending or drop for a short term, takes place at the observation point, it may be regarded as a probable forerunner signal of occurring strong or moderate earthquakes. In accordance with the above-mentioned probable rule, a strongest earthquake ($M_s=4.1$) in Wuwei, Gansu on June 8, in 1982 had been predicted. The prediction was in conformity with the occurrence of the earthquake in time, magnitude and place.