

临潼温泉地下流体地震前兆异常分析^{*}

王 新¹, 赵小茂¹, 何崇君²

(1. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068; 2. 陕西省地震局临潼地震台, 陕西 临潼 710600)

摘要: 采用一阶差分、滤波、五日均值等方法对临潼台水氡、水溶气资料进行了分析研究, 认为: 1998年1月5日泾阳4.8级和2002年2月5日宝鸡3.4级地震前临潼台流体均出现了明显的短临前兆异常; 泾阳地震的异常时间比宝鸡地震长; 两次地震前流体异常幅度明显不同, 异常幅度与震级关系不明显。

关键词: 泾阳地震; 宝鸡地震; 临潼地震台; 地下流体; 前兆异常

中图分类号: P315.72⁺ 3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2006)02-0064-05

0 引言

1998年1月5日陕西省泾阳县 M_s 4.8级地震与2002年2月5日陕西省宝鸡县 M_s 3.4级地震为近年来陕西省关中地区发生的较为显著的地震事件。本文初步分析了这两次地震前临潼地震台地下流体资料的变化特征, 这对于今后更好的利用该台观测资料进行地震预报有一定帮助。

1 观测点概况

临潼地震台地下流体观测采样点为华清4#泉, 该泉位于临潼华清池院内。地理坐标为: 东经108.20°; 北纬34.37°; 海拔高程470 m。泉点地处汾渭地震带渭河断陷与秦岭北侧大断裂交汇的骊山北麓, NWW向断裂与NNE向断裂从此经过, 断裂带南侧为太古界混合岩。

华清4#泉出露于骊山北麓的断裂带上, 温泉水从断层砾岩、断层泥裂缝中涌出。1952年由铁道部临潼疗养院开挖热水井, 深9.1 m, 孔径4.9 m, 水温44℃, 井口盖封。铁疗和华清池分别架设抽水泵交替抽水, 日采水量900~1500 m³。1996年8月华清池在4#泉西北侧不足4 m处开挖一新井, 深度与4#泉相当, 井口为1.5×2.0 m², 并改原来在4#泉

抽水为在新井抽水, 其水源仍为4#泉。

华清4#泉为结晶岩类构造裂隙热矿泉, 属上升泉, 围岩为古老的片麻岩、片麻状花岗岩及石英岩等变质岩。水型为中性氯化物硫酸钠型, 含有丰富的矿化离子、溶解气及放射性元素Rn(氡)。

华清4#泉水氡观测始于1970年, 随后于1972年开始观测水溶气组分, 采用微型泵抽水。吸水管插在井底一眼裂隙中约2 m深处, 在井侧泵房出水口处取样。目前主观测项目有水氡与水溶气组分, 观测仪器分别为FD-125型氡钍分析仪及SP-2304A型气相色谱仪, 辅助观测项目有气温、气压、水温等。属国家II类台, 观测资料连续可靠。

2 资料分析

2.1 泾阳地震

1998年1月5日9时36分, 陕西省泾阳县发生了4.8级地震, 震中位置为北纬34.58°; 东经108.95°; 震源深度14 km。从1997年7月~1998年6月水氡日值图中(图1a)可以看出, 在这次地震前临潼台水氡日值在1997年12月26~31日超出了2倍均方差, 值较高, 变化范围为(1390~1470) Bq/L, 最大幅度为19.03%, 但是这一时段内水氡超限高值是否为这次地震的短临前兆异常, 还不好分析, 因为在其它时段内水氡也出现过多次超限情况。

* 收稿日期: 2006-01-17

作者简介: 王新(1975-), 男, 陕西商州人, 工程师, 从事流体分析预报工作。

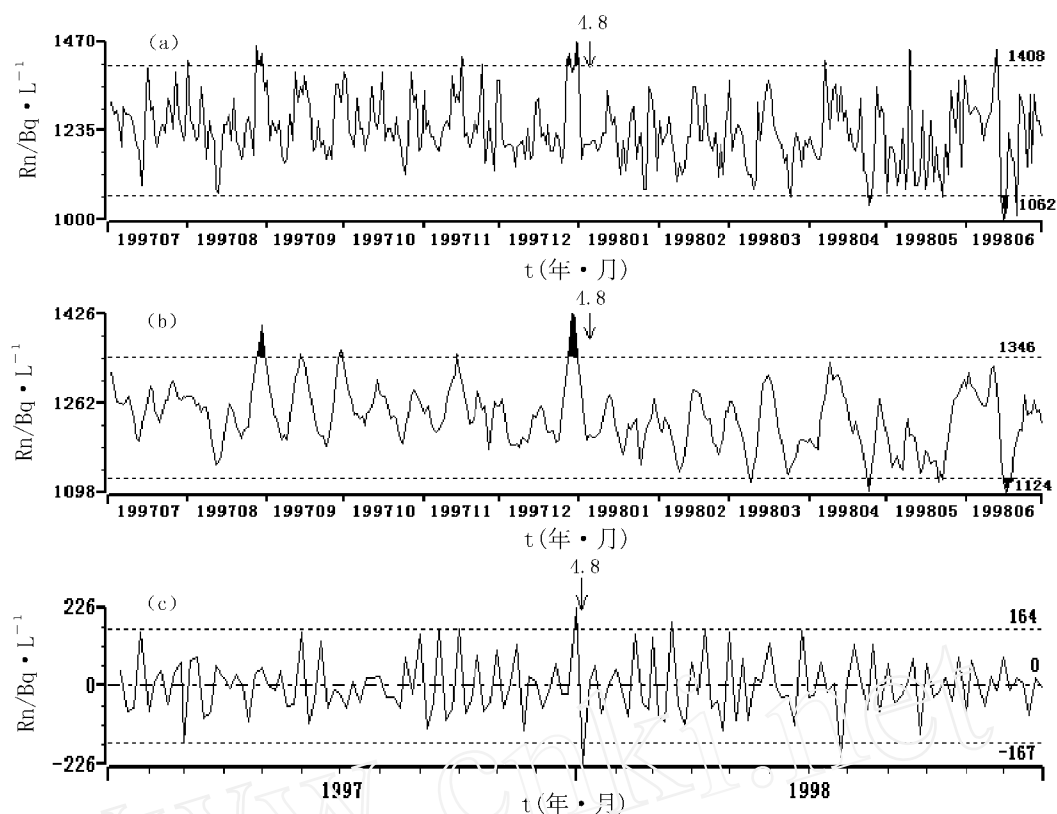


图1 泾阳地震前临潼台氡的短临变化

(a) 氡日值原始曲线; (b) 5点线形平滑滤波; (c) 氡五日均值一阶差分

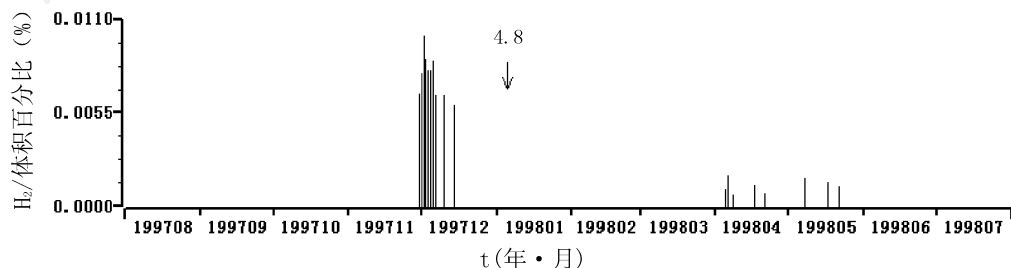


图2 泾阳地震前临潼台氢气异常

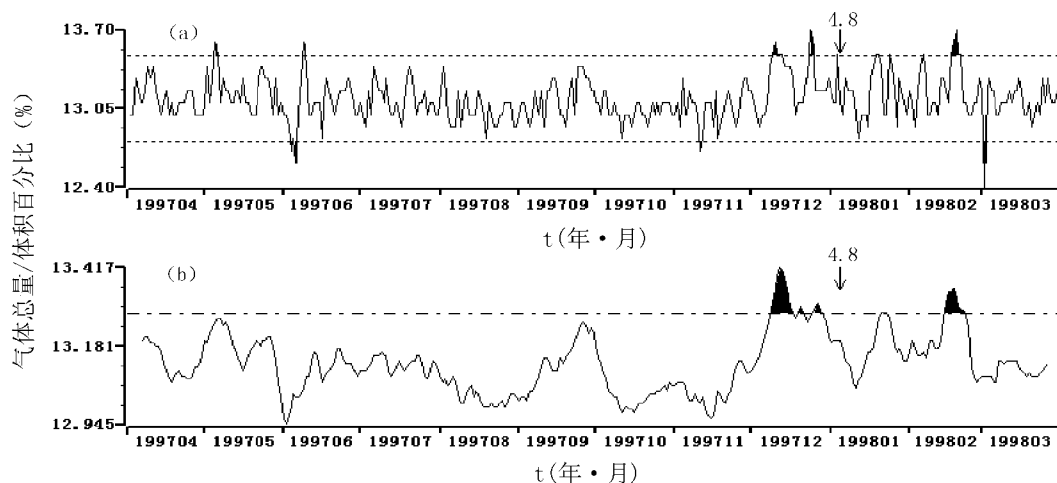


图3 泾阳地震前临潼台气体总量异常

(a) 气体总量日值原始曲线; (b) 21点线形平滑滤波

对1997年7月~1998年6月临潼台水氡日值 进行5点线形平滑滤波后,发现滤波值分别在1997

年8月与12月出现了两次超限高值异常,其中1997年12月的异常出现在震前10~5d,异常最高值出现在12月28日,变化幅度为15.47% (图1b)。

临潼台氦五日均值一阶差分在12月31日、1月5日出现了超限异常,值分别为226 Bq/L、-226 Bq/L,异常从地震前5d开始出现,一直持续到地震发生 (图1c)。

临潼台水溶气组分中氢气含量极其微少,且不是每日都能测出,氢含量始终在仪器检测限上下跳动,时有时无。由于在日常观测中无法测出氢气,氢气的出现意味着异常开始。从图2可以看出,1997年11月29日

氢气开始连续出现,一直持续到12月6日,其后呈间断时续出现,一直到12月9日氢异常结束,氢异常总共出现了10次,其中12月1日氢含量最高,值为0.0101% (体积百分比),异常幅度大于53%。

从图3a可以看出,在泾阳地震前气体总量日值分别在12月8日~12日、12月23日~24日、1月3日超出了2倍均方差,最大变化幅度为4.34%,但是在其它时段内气体总量也有多次超限情况,所以从气体总量日值曲线上还不能确定这一时段内高值是否为地震的短临前兆异常。

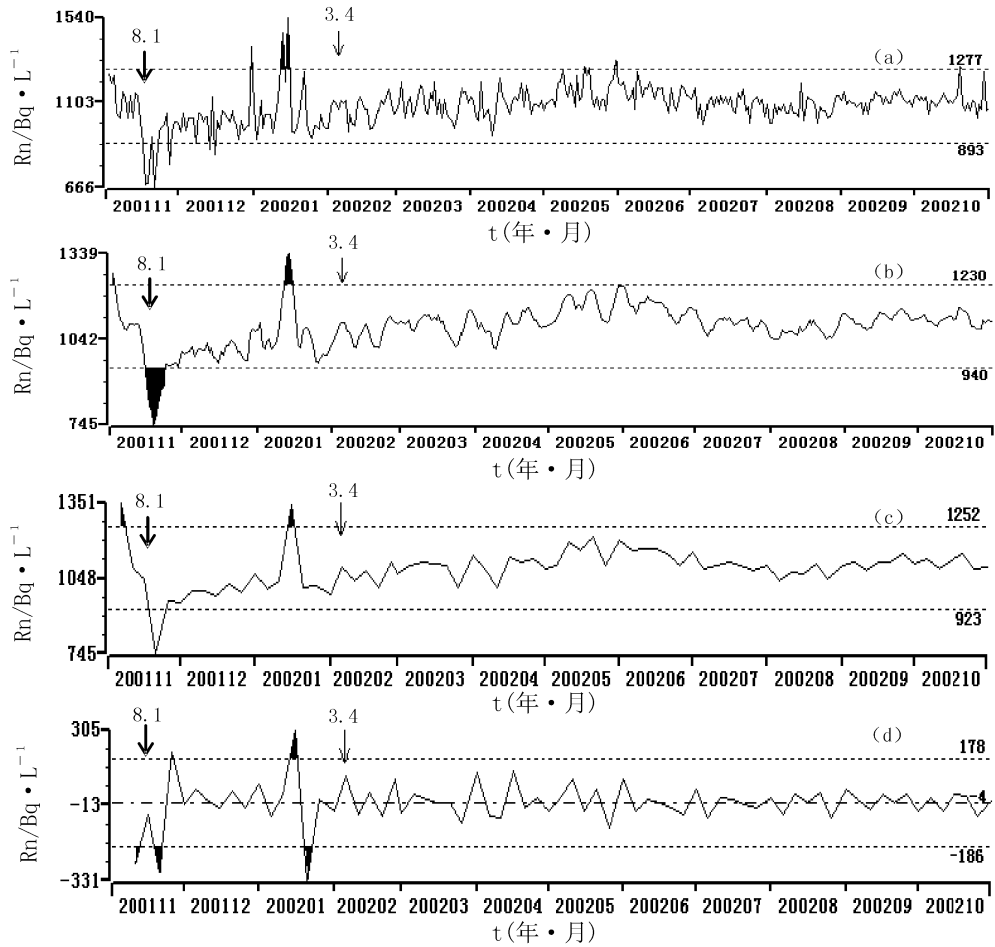


图4 宝鸡地震前临潼台氦异常

(a) 氦日值原始曲线; (b) 5点线形平滑滤波; (c) 氦五日均值; (d) 氦五日均值一阶差分

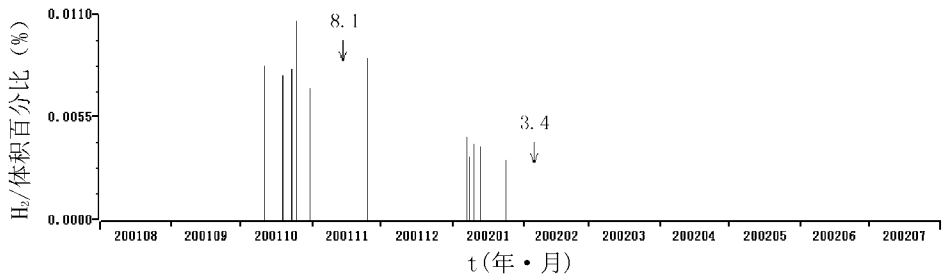


图5 宝鸡地震前临潼台氢气异常

对气体总量日值进行 21 点线形平滑滤波后发现 (图 3b), 滤波值在 12 月 8 日~ 27 日、2 月 14 日~ 22 日出现了超限高值异常, 异常分别出现在地震前 28~ 9 d 及地震后 40~ 48 d。12 月 11 日最大异常值为 13.417% (体积百分比), 最大异常幅度为 2.19%。

2.2 宝鸡地震

2002 年 2 月 5 日 06 时 15 分 50.0 秒, 陕西省宝鸡县 (北纬 34.32°; 东经 107.4°) 发生了 $M_s 3.4$ 级地震。在这次地震前临潼台水氡在 2001 年 12 月 30 日、2002 年 1 月 11 日~ 14 日出现了明显的超限高值异常, 异常幅度为 41.94%, 分别出现在震前 37 d、25~ 22 d (图 4a)。

对临潼台水氡进行 5 点线形平滑滤波后也发现滤波值在 2002 年 1 月 12 日~ 14 日出现了高值异常, 最高值出现在 1 月 13 日, 值为 1 340 Bq/L, 最大变化幅度为 23.50%, 出现在震前 24~ 22 d (图 4b)。

临潼台氡五日均值在 1 月 15 日出现了超 2 倍均方差异常, 值为 1 340 Bq/L, 变化幅度为 23.16%, 异常出现在震前 21 d (图 4c)。

临潼台氡五日均值一阶差分在 1 月 15 日~ 20 日出现了超 2 倍均方差异常, 最大值出现在 1 月 15 日, 值

为 305 Bq/L, 异常出现在震前 21~ 16 d (图 4d)。

从水氡日值、滤波值、五日均值、五日均值差分曲线上 (图 4) 还可以看到, 2001 年 11 月临潼台水氡多次出现了低值异常, 原因为 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级地震后, 该观测点水面出现了大幅度下降, 氡测值降低, 这次异常应为 8.1 级大震的震后效应。

临潼台氢气在 2002 年 1 月 6 日~ 12 日呈时断时续出现, 氢气有测值的情况总共出现了 5 次, 其中 1 月 6 日氢含量最高, 值为 0.004 5% (体积百分比), 幅度大于 32.35%, 出现在震前 24~ 30 d (图 5)。另外, 在昆仑山口西 8.1 级地震前临潼台也出现过氢异常, 且氢含量较高, 异常出现次数较多。

在宝鸡地震前临潼台气体总量日值在 1 月 16 日~ 20 日超出了 2 倍均方差, 其中 1 月 16 日、1 月 20 日值最大, 值为 13.6% (体积百分比), 变化幅度为 3.66%, 但是在其它时段内气体总量也出现过超限情况 (例如 2001 年 4 月、9 月、11 月气体总量也出现过超限情况), 仅从日值曲线上还不能确定这一时段内高值超限是否为这次地震的短临前兆异常 (图 6a)。

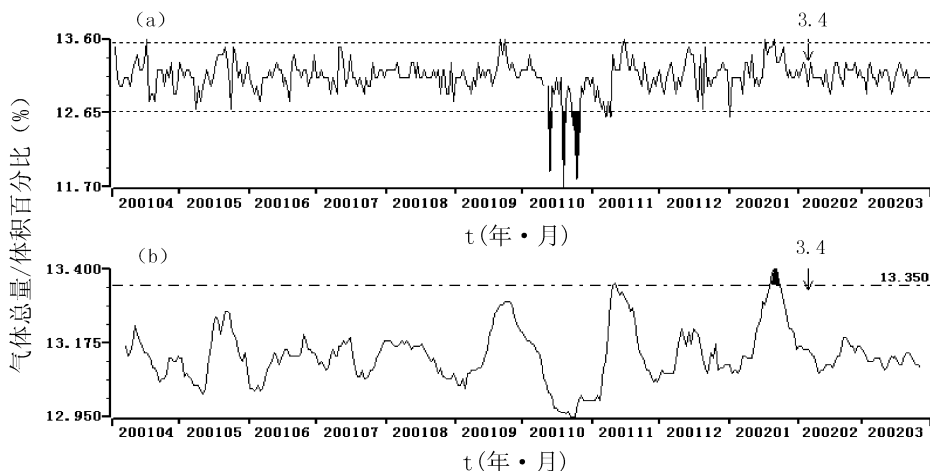


图 6 宝鸡地震前临潼台气体总量异常

(a) 气体总量日值原始曲线; (b) 21 点线形平滑滤波

另外, 临潼台气体总量分别在 2001 年 10 月 12 日、10 月 18 日、10 月 22 日~ 25 日、11 月 3 日~ 8 日大幅度下降, 其中 10 月 18 日值最低, 测值仅为 11.7% (体积百分比)。经调查落实, 出现这种情况的原因为出水管有漏气现象, 10 月下旬对其更换后, 气体总量逐渐恢复, 到 11 月上旬已经基本恢复正常, 因此, 认为气体总量在 2001 年 10 月出现的多次低值超限是由仪器干扰引起的 (图 6a)。对仪器干

扰引起的数据进行预处理, 再进行 21 点线形平滑滤波后发现, 气体总量滤波值在 1 月 18 日~ 23 日出现了超限高值异常, 其中 1 月 20 日与 21 日异常值最大, 为 13.4% (体积百分比), 变化幅度为 1.99%, 异常出现在震前 13~ 18 d (图 6b)。

为了更好地对比分析这两次地震前临潼台流体的异常情况, 对以上出现的异常进行了汇总, 见表 1。

表1 泾阳、宝鸡地震前临潼台流体异常情况

地 震				异 常				
时间	地点	震级	震中距（km）	测项	间隔时间	异常时间	幅度	分析方法
1998-01-05	泾阳	$M_s4.8$	35	氡	10	6	15.47%	滤波
					5	5		五日均值差分
				氢气	37	10	> 53%	原始日值
				气体总量	28	20	2.19%	滤波
2002-02-05	宝鸡	$M_s3.4$	170	氡	37	5	41.94%	原始日值
					24	3	23.50%	滤波
					21	1	23.16%	五日均值
					21	6		五日均值差分
				氢气	30	4	> 32.35%	原始日值
				气体总量	18	6	1.99%	预处理后滤波

3 结论与讨论

通过对泾阳、宝鸡地震前临潼台流体资料的分析,得到以下几点认识:

(1) 在这两次地震前从临潼台水氡、气体总量原始日值曲线上或多或少可以发现一定的异常迹象,但异常情况不明显,不突出,用一些异常提取方法对其进一步处理后,前兆异常更加明显与突出。

(2) 从异常出现的时间上看,这两次地震前的流体异常均属于短临前兆异常^[1]。

(3) 泾阳地震的流体异常从震前37 d出现,一直持续到地震发生后一个多月后才结束;而宝鸡地震的流体异常从震前37 d出现,结束于震前12 d。这表明泾阳地震的异常持续时间比宝鸡地震长。

(4) 从异常幅度上看,泾阳地震前的临潼台水溶

气异常幅度比宝鸡地震前的大,而水氡的异常幅度正好相反。这可能预示着通过异常幅度的大小还无法确定震级的大小,异常的幅度与震级的关系不明显。

(5) 临潼台流体之所以对这两次比较小的地震都有明显的前兆异常反映,一方面与这两次地震的震中距都较小有关,另一方面也可能与临潼台所处构造位置比较特殊即映震的灵敏位置有关^[2]。

参考文献:

[1] 国家地震局预测预防司 地下流体地震预报方法 [M]. 北京:地震出版社, 1997. 103-104
[2] 米秋霞,段锋 泾阳、临猗地震的地下流体异常特征 [J]. 灾害学, 1999, 14(4): 31-34

Precursory Anomalies of Subsurface Fluid before Jingyang Earthquake and Baoji Earthquake at the L intong Seism ic Station

WANG Xin¹, ZHAO Xiao-mao¹ and HE Chong-jun²

(1. Earthquake Administration of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China; 2. L intong Seism ic Station, Earthquake Administration of Shaanxi Province, L intong, Shaanxi 710600, China)

Abstract: Water radon and water-dissolved gas data are analyzed by the method of first order difference, digital filtering and 5-days-mean values. It is thought that data of subsurface fluid has obvious precursory anomalies with short term and imminent term before Jingyang earthquake and Baoji earthquake at the L intong Seism ic Station. Precursory anomalies before the Jingyang earthquake lasted much longer than that before the Baoji earthquake. The ranges of precursory anomalies before the mentioned two earthquakes are obviously different. The relation between range of precursory anomalies and magnitude is not evident.

Key words: Jingyang earthquake; Baoji earthquake; L intong Seism ic Station; subsurface fluid; precursory anomaly