

江苏 05 井、06 井水温的中短期地震 异常典型特征研究^{*}

徐桂明, 郑江蓉, 杨从杰, 李鸿宇

(江苏省地震局, 南京 210014)

摘要: 江苏宿迁 05 井、金湖 06 井自 2001 年数字化改造以来, 水温观测记录到的典型中短期异常较好地对应了华东地区的几次中等地震, 并较成功地应用于日常短临预报工作。对这两口井水温的典型异常图像和预报实践进行总结, 结果表明: 水温作为地震的直接前兆异常观测项目, 在地震预报中具有相当突出的短临特征, 它更多的反映了井孔区域内的中等地震引发的应力活动, 在江苏地震的短期、短临预报方面发挥了较好的作用。

关键词: 宿迁 05 井水温; 金湖 06 井水温; 异常图像; 短临预报

中图分类号: P315.72⁺3 文献标识码: A 文章编号: 1000-0666(2010)04-0274-07

0 引言

在地热异常变化与地震关系的研究中, 人们很早就认识到地震活动区往往也是地热异常带, 地震前地温、地下水温有明显的变化(车用太等, 2003; 简春林等, 2006)。过去由于受观测仪器、观测精度、采样率等的制约, 只能在强地震时观测到地热的变化, 如在 1976 年 5 月云南龙陵 7.6 级地震, 1988 年 9 月云南澜沧—耿马 7.6 级地震前, 均有显著的短临地热异常(陈立德, 1990; 杨继登, 王世芹, 1999; 林辉等, 2006; 刘耀伟等, 2008)。在“九五”前兆台网建设期间, 江苏省对地热观测系统进行了数字化改造, 改造后的观测资料采样数据为分钟值, 正常动态稳定, 观测精度得到提高。

本文讨论了 2001 年以来江苏宿迁 05 井、金湖 06 井数字化地热资料的正常变化形态和地震中、短期异常变化形态, 结合井孔附近区域 2001 年以来的几次中等地震活动进行分析研究。研究表明: 在监视区域内的数次中等地震发生前, 数字化地热资料均有典型的短临异常图像出现, 异常图像出现时间一般在震前几天至 3 个月内。由此说明对于以中等地震活动为主的区域, 数字化地热在短

期预报或短临预报方面能够发挥更大的作用。

1 宿迁 05 井、金湖 06 井概况及资料选取

江苏宿迁 05 井位于郯庐断裂带以东约 23 km 沐阳凹陷内平原地区, 是 1980 年 3 月专为地震监测打的一口观测井。附近无大的地表水体。年平均降水量在 920 mm 左右。观测含水层埋深较深, 缺乏直接补给, 水循环缓慢, 其上泰州组地层构成良好的隔水顶板, 使该含水层具有一定的封闭性。

江苏金湖 06 井位于郯庐断裂带东侧、金湖凹陷刘庄构造兴隆集高点。1976 年 8 月由江苏省石油开发指挥部为石油勘探所打。东北约 6 km 处为白马湖, 南约 1 km 处为老三河。多年平均降水量在 970 mm 左右。观测含水层埋深于 2 000 m 以下, 大范围内未出露地表, 缺乏直接补给, 水循环缓慢, 该含水层具有一定的封闭性。

图 1 为宿迁苏 05 井、金湖苏 06 井孔柱状图。表 1 为苏 05 井、苏 06 井观测参数。这两口井在 2000 年进行数字化改造, 观测资料 2001 年开始用于地震分析预报工作。井改造后的观测资料表明, 水温仪器性能稳定, 采样率高, 故障率低, 资料连续可靠。

^{*} 收稿日期: 2009-10-27.

基金项目: 江苏省科技厅社会发展项目 (BS2006085) 和国家自然科学基金 (40901272) 联合资助。

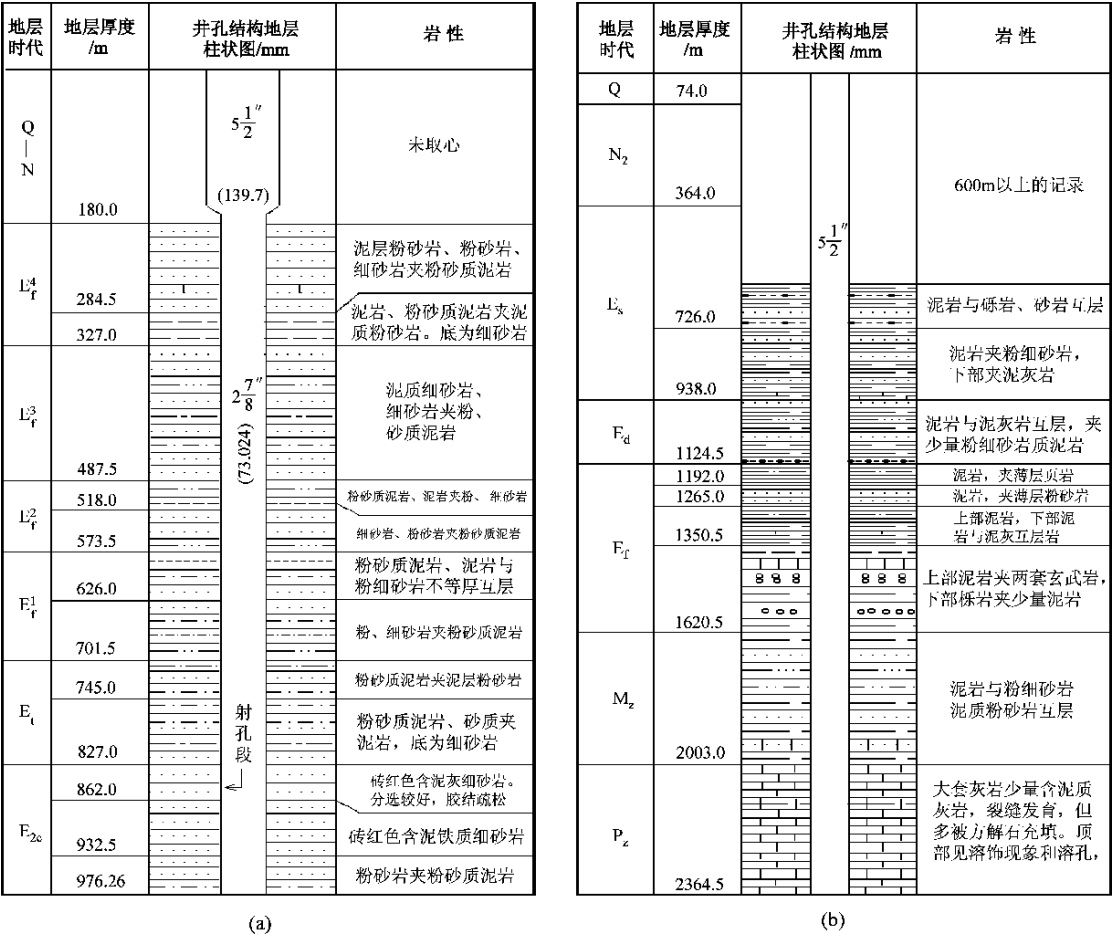


图 1 苏 05 (a)、06 井 (b) 井孔柱状图

Fig 1 The histogram of Su05 (a) and Su06 (b) boreholes

表 1 宿迁 05井、金湖 06井基本参数		
Tab 1 Basic parameters of Suqian 05 borehole and Jinhu 06 borehole		
井孔名称	苏 05井	苏 06井
地理位置	33. 93°N 118. 55°E	33. 12°N 119. 07°E
仪器型号	SZW—1数字水温仪	SZW—1数字水温仪
采样率	分钟值	分钟值
井深	934. 8 m	2 354. 7 m
探头埋深	200 m	400 m
岩性	K2细砂岩	P2灰岩
主要干扰	降水、气压	气压、降水

本文对 2001年 1月 1日 ~2007年 12月 31日在研究区域 (29. 5°~35. 5°N 115. 5°~122. 5°E)内发生的 $M \geq 3.3$ 地震进行了一定的选取, 参考《地震地下流体观测技术》(中国地震局监测预报司, 2002)和《地下流体地震预报方法》(国家地震局预测预防司, 1997)对区域内中等地震预测能力普适性选取原则, 在研究区域内 58次 3. 3级

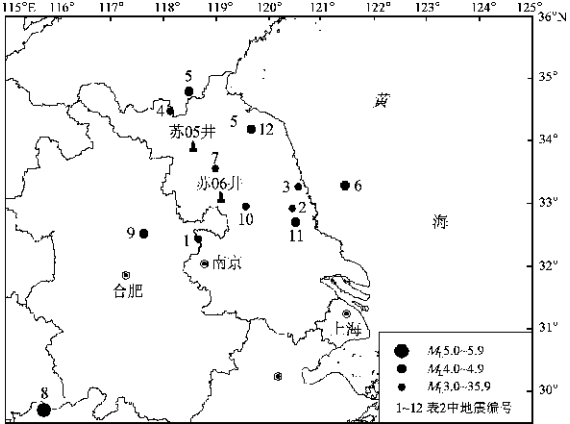


图 2 2001年 1月至 2007年 12月 研究选用地震分布图

Fig 2 Distribution of selected earthquakes for research from Jan. 2001 to Dec. 2007

以上地震中选取 12次理论上对预报效能有贡献的地震 (图 2 表 2), 从图 2的震中分布图可知研究所选地震基本分布在这两个台点周围 200 km 最

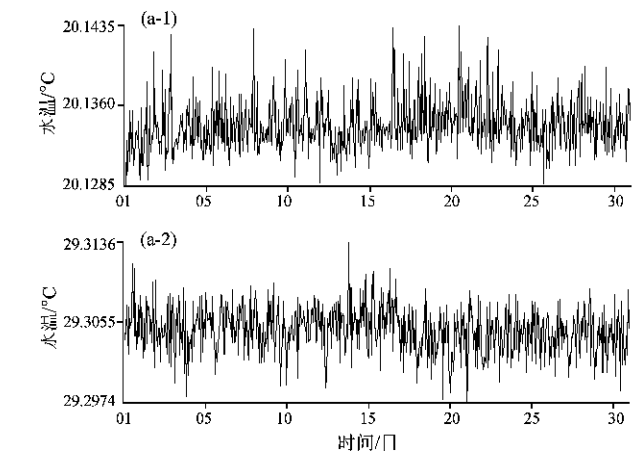
表 2 2001 年 1 月至 2007 年 12 月研究选用地震各项参数
Tab. 2 Information about selected earthquakes from Jan. 2001 to Dec. 2007

编号	地震时间 年—月—日	地震名称	震中位置		震级 M_L	与 05 井距离 / km	与 06 井距离 / km
			纬度 / ($^{\circ}$)	经度 / ($^{\circ}$)			
1	2002—05—03	安徽来安震群	32.45	118.65	3.8	148	80
2	2004—05—27	江苏东台与大丰交界	32.93	120.40	3.9	210	134
3	2004—06—21	江苏大丰	33.28	120.55	3.8	200	140
4	2004—06—29	江苏邳县与郯城交界	34.48	118.12	3.5	70	165
5	2005—06—10	山东郯城与临沭交界	34.80	118.47	4.2	87	195
6	2005—09—15	黄海	33.30	121.43	4.0	295	220
7	2005—10—12	江苏淮安	33.57	118.97	3.5	55	50
8	2005—11—26	江西九江	29.72	115.72	6.0	507	490
9	2006—07—26	安徽定远	32.53	117.62	4.7	168	150
10	2006—09—09	江苏高邮	32.97	119.55	3.3	140	48
11	2006—11—25	江苏东台	32.72	120.50	4.1	234	140
12	2007—05—06	江苏响水与灌南交界	34.20	119.65	4.0	113	130

大地震为 2005 年 11 月 26 日江西九江 $M_6.0$ 地震, 据水温研究台点约 500 km。表 2 为这 12 次地震的具体参数和距离; 水温资料选用 2001 年 1 月至 2007 年 12 月苏 05 井和苏 06 井的整点观测值。

2 苏 05 井、苏 06 井水温正常动态变化

2001 年苏 05 井水温正式投入观测, 水温探头



在距地面 200 m 以下, 受降水、气压的影响较小, 只有出现较大的降水时才会产生小幅波动。水温的日变形态为振荡形, 整点值日波动为 0.01℃左右, 年变形态相对平稳, 年变规律不明显。2006 年 10 月后受探头故障和井房改造影响, 恢复观测后的水温测值变化很不稳定, 出现多起较大幅度的变化, 并呈现缓慢趋势降变化。两口井水温的正常日变化和年变长趋势见图 3。

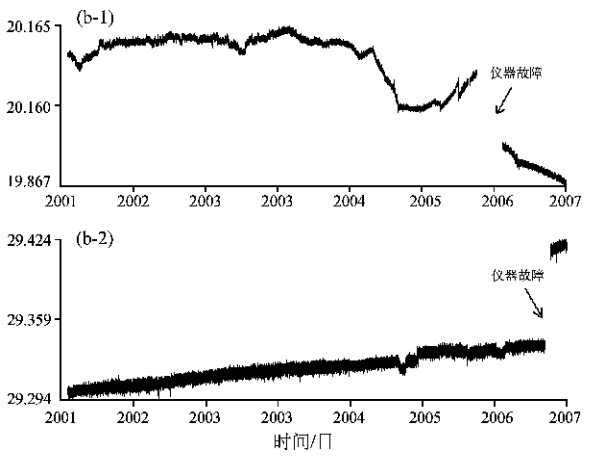


图 3 苏 05 井和苏 06 井长趋势变化 (a) 和正常日波动变化 (b) 图
(a-1)、(b-1) 苏 05 井; (a-2)、(b-2) 苏 06 井

Fig. 3 Comparison between long-time trend change and diurnal change on Su05 and Su06 boreholes

苏 06 井水温观测仪于 2001 年进行数字化改造, 改造后的测值与模拟观测值相比变化不大。水温探头在距地面 200 m 以下, 受降水、气压的影响较小, 水温的日变形态为振荡型。分钟值日波动约为 0.001℃, 平均月变幅度约为

0.002℃, 年变形态相对平稳, 年变规律不明显, 呈缓慢上升变化, 年上升幅度约 0.006℃。2007 年 9 月因修理探头故障停测, 10 月份探头重新安装之后测值与原测值相比出现 0.07℃的台阶变化。

3 苏 05 井、06 井水温中短期异常形态与地震响应分析

3.1 苏 05 井水温

3.1.1 2005 年 11 月九江 M_{5.7} 地震

苏 05 井水温在 2005 年 4 月底至 8 月底出现长达 4 个月的趋势下降异常, 累计下降幅度为 0.094°C 。2005 年 8 月 29 日至 9 月 1 日出现了负的阶变异常, 幅度为 0.017°C 。8 月底出现的阶变是在长达 4 个月的趋势下降背景上出现的, 之后水温变化较平稳。约 1 个月后的距苏 05 井 55 km 的淮南市发生 M_{4.3.5} 地震, 约 3 个月后的 11 月 26 日在距苏 05 井 540 km 的江西九江发生 M_{5.7} 地震。对这起异常可认为是近场和远场异常的综合表现, 短期阶变可认为是近震的震源异常, 趋势下降可认为是远震的场源异常 (图 4 a)。

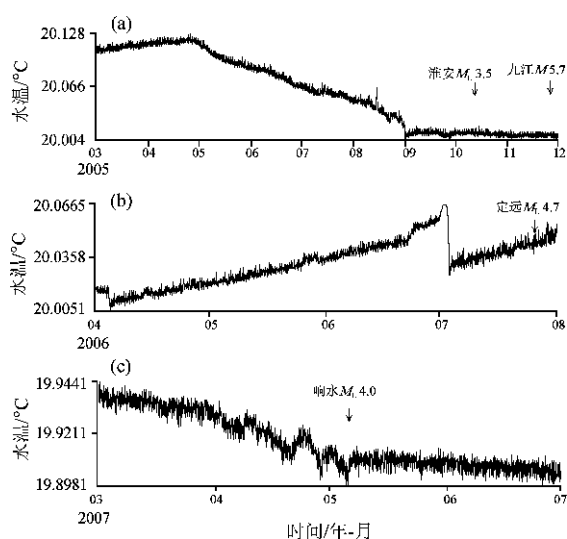


图 4 苏 05 井水温几次中等级地震典型异常图像

(a) 2005 年 3~11 月; (b) 2006 年 4~7 月;

(c) 2007 年 3~6 月

Fig 4 Typical abnormality of several middle earthquakes on Su 05's water temperature

(a) Mar 2005 ~ Nov 2005 (b) Apr 2006 ~ Jul 2006

(c) Mar 2007 ~ Jun 2007

3.1.2 2006 年 7 月定远 M_{4.7} 地震

2006 年 4 月以来苏 05 井水温测值开始出现趋势上升, 幅度为 0.035°C 。经反复调查, 排除了许多可能的干扰。2006 年 7 月 1 日~3 日又出现异常, 1、2 日水温正常波动消失, 3 日出现大幅下

降, 下降幅度为 0.034°C , 之后恢复正常趋势上升趋势变化状态。7 月 26 日在安徽定远发生 M_{4.7} 地震, 该地震震中距苏 05 井 168 km (图 4 b)。

3.1.3 2007 年 5 月响水 M_{4.0} 地震

2006 年底仪器因探头故障送修停测, 12 月恢复观测。重下的水温探头位置与之前有一定的差别, 使得水温测值由仪器故障前的趋势上升变化转为下降变化, 但 2007 年 1 月至 3 月的水温测值保持均匀稳定的下降速率。自 4 月初开始水温出现加速下降过程, 在快速下降过程中同时伴随四起凹型波动变化, 下降幅度为 0.026°C , 下降速率为 $0.022^{\circ}\text{C}/\text{月}$, 是平均下降速率 $0.007^{\circ}\text{C}/\text{月}$ 的三倍。在最后一次波动同时发生 5 月 6 日响水 M_{4.0} 地震, 震中距苏 05 井 113 km, 震后水温恢复到相对稳定的趋势下降状态 (图 4 c)。

3.2 苏 06 井水温

(1) 2002 年 5 月莱安一六合 M_{3.8} 震群

2002 年 4 月 29 日苏 06 井水温出现缓降, 至 5 月 3 日共下降 0.004°C 。5 月 3 日距台站 80 km 的莱安一六合发生 M_{3.8} 小震群, 之后苏 06 井水温快速回升, 地震发生 10 小时后, 水温即恢复到下降前的水平, 在正常状态下波动。此次异常具有明显的短临异常性质 (图 5 a)。

(2) 2005 年 10 月 12 日淮安 M_{4.3.5} 和 11 月 26 日江西九江 M_{5.7} 地震

苏 06 井水温观测数据于 2005 年 8 月 31 日在正常的趋势上升背景上出现了下降变化, 至 9 月 15 日累计下降幅度为 0.0067°C , 并且水温测值又开始出现转折回升, 至 10 月 12 日水温恢复到正常水平。当日在距苏 06 井 50 km 的淮南市发生了 M_{3.5} 地震, 震后水温测值变化平稳。由于这起异常之前没有出现类似苏 05 井的趋势异常变化, 而与淮安地震从时间、形态、地点上都吻合的相当好, 因此我们更倾向将其向认可为近震的短临异常。该下降异常结束后 44 天在距苏 06 井 500 km 的江西九江 2005 年 11 月 26 日发生了 M_{5.7} 地震 (图 5 b)。

(3) 2006 年 7 月 26 日定远 M_{4.7} 地震、2006 年 9 月 9 日高邮 M_{3.3} 地震

苏 06 井水温从 2006 年 3 月以来出现转折抬升变化, 4、5 月份测值在新的台阶上伴有多次波动变化, 6 月上旬形成一次形态较好的负异常, 之后测值快速下降变化, 在下降过程中发生 7 月 26 日安徽定远 M_{4.7} 地震, 震中距苏 06 井 140 km, 8 月苏 06 井再次出现凹型负异常, 变化幅度约为

0.002℃, 是正常水温波动的 2 倍左右, 在恢复上升期间的 9 月 9 日高邮发生 M_L 3.3 地震, 震中距苏 06 井不到 48 km (图 5 9)。

(4) 2007 年 5 月响水 M_L 4.0 地震

2007 年 1 月 6 日苏 06 井水温出现下降变化, 在下降了 0.004℃之后测值在低值上波动。2 月 14 日开始转折上升, 至 2 月 23 日累计上升 0.005℃, 完成了一个很好的负异常变化。之后变化相对稳定, 异常形成后二个多月在 5 月 6 日发生了响水 M_L 4.0 地震, 震中距苏 06 井 120 km (图 5 d)。

3.3 异常综合分析

对表 2 中 12 次中地震前苏 05 井、苏 06 井水温观测资料进行综合分析, 统计水温异常的变化时间、幅度、形态等得出表 3

按发震地点、震级和变化形态对表 3 作进一步讨论, 得到以下几点认识:

(1) 对 3.5 级以下地震, 如果观测点距发震地点大于 50 km, 05 井和 06 井水温均不会出现异常; 对 3.5 级以上地震, 在 50~200 km 范围内均有一定的异常显示, 总体图像表现为凹型负异常, 两者形成负异常的速率不同, 一般在异常结束后三个月内发震。

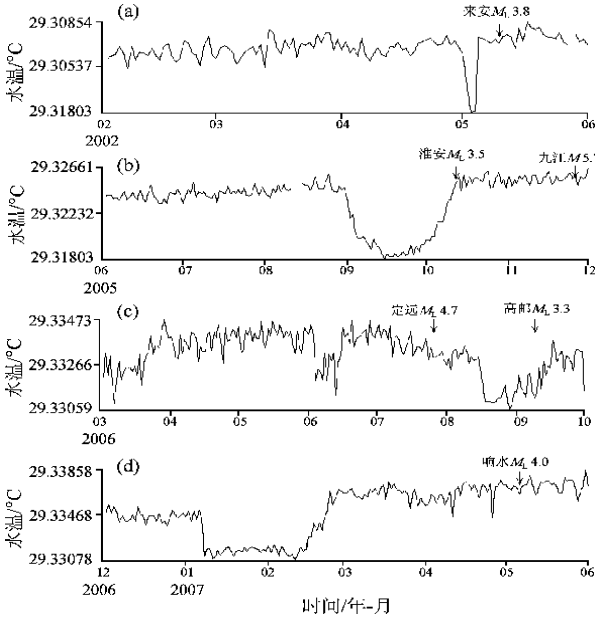


图 5 苏 06 井水温几次中地震典型异常图像
(a) 2002 年 2~5 月; (b) 2005 年 6~11 月;
(c) 2006 年 3~9 月; (d) 2006 年 12 月~2007 年 5 月
Fig 5 Typically abnormality of several middle earthquakes on Su06's water temperature
(a) Feb 2002~May 2002 (b) Jun 2005~Nov 2005
(c) Mar 2006~Sep 2006 (d) Dec 2006~May 2007

表 3 苏 05 井、苏 06 井水温震前异常时间、幅度、变化形态
Tab 3 The variations of water temperature on short imminent abnormality time, amplitude and shape in Su 05 and Su 06

编号	地点和震级 M_L	苏 05 井				苏 06 井			
		距离 /km	异常幅度 /(℃)	异常持续 时间 /d	异常形态	距离 /km	异常幅度 /(℃)	异常持续 时间 /d	异常形态
1	来安 3.8 震群	148	0.011	72	震前 2 个多月出现 2 次凹型负异常, 结束后发震	80	0.005	6	短期快速形成脉冲型负异常, 结束后发震
2	大丰 3.9 地震	210	0.019	60	持续 2 月的趋势下降转平后发震	134	0.007	7	短期快速形成脉冲型负异常, 异常结束后 1 个月发震
3	大丰 3.8 地震	200	0.019	60	持续 2 月的趋势下降转平后发震	140	0.007	7	短期快速形成脉冲型负异常, 异常结束后 2 个月发震
4	邳县 3.5 地震	70	0.003	30	较小幅度的凹型负异常形成过程中发震	165	×	×	×
5	郯城 4.2 地震	87	0.037	44	转折下降过程中发震, 震后仍继续下降趋势	195	×	×	×
6	黄海 4.0 地震	295	0.112	126	持续 4 个月趋势下降结束后 15 天发震	220	0.007	21	快速下降到最低值时发震
7	淮安 3.5 地震	55	0.006	7	较小幅度的凹型负异常形成结束后 15 天发震	50	0.007	27	凹型负异常结束后发震
8	九江 6.0 地震	507	0.112	126	4 个月大幅趋势下降结束后 87 天发震	490	0.007	27	凹型负异常结束后 44 天发震
9	定远 4.7 地震	168	0.034	3	快速大幅上升一下降后, 转折恢复 23 天后发震	150	0.003	15	凹型负异常结束后 42 天发震
10	高邮 3.3 地震	140	×	×	×	48	0.003	38	凹型负异常上升期间发震, 震后数日回升至正常测值
11	东台 4.1 地震	234	×	×	×	140	0.003	8	快速上升至高值后, 转折下降期间发震
12	响水 4.0 地震	113	0.028	29	震前 1 个月在趋势下降的背景上出现 3 次凹型负异常, 结束后发震	130	0.006	49	凹型负异常结束后 73 天发震

(2) 对震级相近、观测点距发震位置相近的同一观测点, 异常图像有较好的重复性和相似性, 这种现象对于出现异常后判定发震位置有极大的帮助, 如图 3 的响水 4.0 地震, 图 4 的淮安 3.5 地震和高邮 3.3 地震。

(3) 由于观测点构造不同, 观测仪器的精度和背景噪声不同, 苏 05 井和苏 06 井出现异常的幅度和形态是不相同的, 但对于区域监测范围内的大部分中等地震, 两者仍然有较好的同步异常。对同一次地震, 苏 05 井水温更早的表现出趋势性的短期异常变化, 而苏 06 井水温突变性的短临异常更加突出。

4 异常特征的解释

地壳流体是反映地壳应力与变形关系最敏感的介质。引起静水位并孔水温变化的主要原因是对流和传导。对流是指深、浅部冷、热水之间的热交换, 传导是指探头附近地区地温 (或含水层水温) 变化通过井壁的传导方式影响探头周围的水温变化。在地震孕育的不同阶段, 地下水温的变化在某种程度上是构造应力作用的客观反映 (王博等, 2008; 张素欣等, 2005; 顾申宜等, 2010)。并孔水温变化的不同特点则反映了地震的孕育与发生过程和这种孕育过程中地壳应力应变响应状态。

苏 05 井水温探头埋深为 200 m, 苏 06 井水温探头为 400 m 埋深, 从并孔结构地层可知苏 05 井 180 m 以上、苏 06 井 600 m 以上岩性未进行过取样分析, 是否存在弱含水层还不清楚。苏 05 井水温探头位置应位于古近系地层的顶部, 郯庐断裂带以东 12 km 沐阳凹陷内。地层以粉砂岩和细砂为主, 因夹杂泥层或层岩, 贮水量有限。苏 06 井水温探头位置应位于古近系地层的顶部, 估计以粉砂岩和细砂为主, 构造部位为金湖凹陷内。2 口井观测含水层埋深均较深, 缺乏直接补给, 水循环缓慢, 使该含水层具有一定的封闭性, 大气降水对水温观测基本没有影响, 热水应来自地下较深处的基岩裂隙。

根据 2001 年这 2 口井数字化水温资料的中等地震可以看出, 现在记录到的异常均为负异常, 这说明在中等地震前均出现了水温下降异常, 笔者认为出现这种异常变化的原因可能有二: 一是对流作用,

我们注意到, 苏 06 井井孔密封性好, 受地表水直接影响的可能性较小。如果是对流作用则应是观测含水层水循环加快, 在补给水头压力未发生变化的情况下观测含水层的水温相对降低, 在对流的作用下使探头周围的水温降低。二是传导作用, 即探头附近地区的地层地热下降, 通过井壁与探头周围的井水发生热交换, 使探头周围的水温降低。同时这两口井均位于凹陷构造内, 应该是地下构造应力发生张性变化, 引起含水层循环加速, 致使观测含水层水温或浅部含水层水温下降, 通过对流或传导的方式引起探头周围的水温降低。从另一方面也说明当并孔附近处于张性变化时, 在有效映震范围内发生的地震震级较低。

5 应用和结论

5.1 应用

近年来在日常预报工作中, 由于注重资料的分析和对异常图像的识别, 我们做出了几次较为成功的短临预报。

(1) 苏 05 井水温 2005 年 8 月底的阶变是在 2005 年 4 月底以来长达 4 个月的趋势下降背景上出现的, 之后水温变化较平稳, 可见苏 05 井的水温异常具有从中期转为短期的性质。江苏省地震局预报中心学科组在 9 月 28 日的会商会上明确将苏 05 井水温异常变化定为地震异常, 指出未来三个月内周围 100 km 有发生 4 级左右地震的可能。2005 年 10 月 12 日距苏 05 井 60 km 的淮安市发生了 M_{3.5} 地震^①。

(2) 在 2006 年 7 月 26 日安徽定远发生 M_{4.2} 地震后, 苏 06 井水温于 8 月 14 ~ 17 日又出现较快速率的下降, 之后测值较稳定。这几次变化幅度均较小, 约为 0.002℃, 是水温正常波动的 2 倍左右。针对该井水温的这些异常变化, 学科组在 8 月 23 日的周会商意见及 8 月份的月会商意见中提出: “这可能表明该区地下的一种应力活动, 近期应注意该地区小震活动有上升的可能”。9 月 9 日在江苏高邮发生 M_{3.3} 地震, 震中距苏 06 井不到 80 km^②。

(3) 苏 06 井水温在 2007 年 1 月 6 日 20 时 ~ 7 日 04 时出现下降变化, 累计下降幅度为 0.004℃, 之后一直在此水平上波动。2 月 14 日开始转折上

① 江苏省周、月地震监测报告 (2005) 第 48 期。

② 江苏省周、月地震监测报告 (2006) 第 43 期。

升,至2月23日累计上升 0.005°C ,完成了一次很好的负异常变化,这次异常的形态较好,幅度也与前几次异常相当,学科组在该项异常出现后,于2007年1月10日至5月3日的周、月会商中均提出了判定意见:“苏06井主要反映了其附近地区的应力变化,注意其附近地区发生 $M_{4.0}$ 左右地震的可能”,并将发震的最迟时间定在5月初,给定的两个可能发震地点分别是该井以西的郯庐断裂带附近地区和其东侧的南黄海沿岸地区。5月6日在江苏响水发生了 $M_{4.0}$ 地震,该地震距苏06井 120 km 。

5.2 结论

水温作为地震的直接前兆异常观测项目,在地震预报中具有相当突出的短临特征,特别是对于深井观测,水温探头受降水、气压的影响较小,日变和年变形态相对平稳,能更多的反映井孔区域内的地下应力活动。

数字化深井水温投入到地震监测以来,全国深井水温观测资料总结出一些较好的异常图像,苏05井和苏06井水温即是例子,这两口井水温的变化对 200 km 范围内 $M_{4.5}$ 以上中等地震有较为敏感的异常显示,江苏省地震局在日常预报实践工作中有几次成功的预报尝试。由于研究台点区域的地震活动水平本身偏低,近十年来没有发生5级以上的地震,这对更多更准的地震预测实践带来较大的困难,但我们在资料的深入研究上仍积

极地探索,这两口井的水温观测资料对前兆观测资料有效地应用到地震短临预测研究上具有十分重要的意义。

参考文献:

车用太,刘喜兰,姚宝树,等.2003.首都圈地区井水温度的动态类型及其成因分析[J].地震地质,25(3):403—420.
陈立德.1990.1976年5月29日云南省龙陵7.4级地震[J].中国震例(1976—1980):29—58.
顾申宜,李志雄,张慧.2010.海南地区五口井水位对汶川地震的震响应及频谱分析[J].地震研究,33(1):36—43.
国家地震局预测预报司.1997.地下流体地震预报方法[M].北京:地震出版社.
简春林,晏锐,黄辅琼,等.2006.中国大陆23个震例流体异常时空分布特征研究[J].地震,26(1):99—106.
林辉,王世芹,付虹.2006.龙陵帮纳掌温泉地下流体前兆综合分析研究[J].地震研究,29(1):35—38.
刘耀伟,孙小龙,王世芹,等.2008.井孔水温异常与2007年宁洱6.4级地震关系分析[J].地震研究,31(4):347—353.
邵永新,马建英,王建国,等.2009.天津地区地震地下流体观测网调整与优化的思考[J].地震研究,32(2):215—220.
王博,刘耀伟,孙小龙.2008.地下流体与断裂活动关系的研究综述[J].地震研究,31(3):296—302.
杨继登,王世芹.1999.1988年11月6日云南省澜沧—耿马7.6级地震[J].中国震例(1986—1988):316—343.
张素欣,张子广,张跃刚,等.2005.2004年12月26日印尼大地震河北省数字水位地热记震能力分析[J].华北地震科学,23(3):27—30.
中国地震局监测预报司.2002.地震地下流体观测技术[M].北京:地震出版社.

Studies on typical characteristic of mid and short term anomaly of Geotherm of Suqian05 and Jinhua06 wells

XU Guim ing ZHENG Jiang rong YANG Cong jie LI Hong yu
(Earthquake Administration of Jiangsu Province Nanjing 210014 Jiangsu China)

Abstract

Typical mid and short term anomaly recorded by geotherm observation well corresponds with several moderate earthquakes in east China and applies successfully to short-term earthquake prediction after digital rebuild of Suqian05 and Jinhua06 wells in Jiangsu Province. This paper studies typical anomaly graphs and prediction activities and draws the conclusion as follows: Geotherm as an observation item of warning indications of earthquakes possesses the characteristics of short-term and approaching in forecasting. It well reflects the stress activities caused by the medium earthquakes in the band of the well. Thus, it plays an important role in the short-term earthquake prediction.

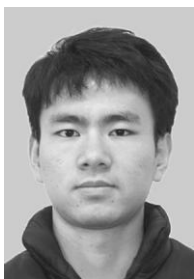
Key words: Geotherm of Suqian 05 well, Geotherm of Jinhua 06 well, Anomaly graph, Short-term earthquake prediction



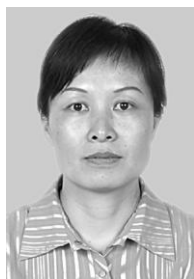
徐桂明 江苏省地震局高级工程师。毕业于河海大学水文地质与工程地质专业，获学士学位。主要从事地震流体预报地震工作。中国地震学会地震流体专业委员会委员。



刘 锦 广东省地震局工程师。1991年毕业于防灾技术学院应用地球物理系，获大专学历；2004年毕业于华南理工大学工商管理系，获管理学学士学位。主要从事地下流体分析预报等研究。



阮 祥 四川省地震局预报研究所助理工程师。2004年云南大学固体地球物理专业毕业，获理学学士学位；2007年中国地震局兰州地震研究所固体地球物理专业毕业，获理学硕士学位。目前从事地震学与地震预报方面的研究。



杨晶琼 云南省地震局高级工程师。1990年毕业于云南师范大学地理系，获学士学位。主要从事地震分析编目与数字地震资料应用研究工作。



蒋翠荣 河北省地震局张家口中心台工程师。1985年毕业于河北电大。现主要从事地震台站监测工作。



王建军 甘肃省地震局工程师。1996年毕业于防灾科技学院地球物理系；2008年兰州地震研究所固体地球物理专业毕业，获硕士学位。曾参与开发中国地震前兆数据处理系统、中国地震前兆数据管理系统，现主要从事地震监测、软件开发、地磁基本场研究等方面的工作。



郭婷婷 山东省地震局助理研究员。2004年毕业于西北农林科技大学水利与建筑工程学院，获硕士学位；现就读于中国地震局地质研究所攻读博士学位。主要从事构造应力场分析及其相关数值模拟等工作。



马文娟 宁夏地震局工程师。1999年毕业于宁夏大学数学系软件工程专业，获理学学士学位；现为同济大学在读硕士研究生。主要从事前兆观测技术、数据处理、数据库开发利用等研究。2009年中国地震局地壳应力研究所交流访问学者。



单维锋 防灾科技学院讲师。1998年毕业于山东大学威海分校计算机应用专业；2005年毕业于云南大学软件工程专业，获硕士学位；现于北京工业大学计算机学院攻读博士学位。主要从事地震前兆数据处理、并行计算等方面研究工作。ACM专业会员、新加坡国际计算机科学与技术协会（IACSII）会员。

注：钱晓东、张希、苏琴、张昱、刘强、施伟华、吴立辛、曾宪伟、何案华、周光全的简历分别刊登在本刊 Vol.29 No.1; Vol.30 No.3 Vol.32 No.2 Vol.31 No.3 Vol.30 No.4 Vol.30 No.4 Vol.30 No.1; Vol.31 No.2 Vol.31 No.3 Vol.29 No.4