

邱永平 2011, 宁波地震台 ZK03 井水温平行观测资料的对比分析, 中国地震 27(4) 431~437。

宁波地震台 ZK03 井水温平行观测资料的对比分析

邱永平

宁波地震台, 浙江省宁波市庄桥街道灵山村 315029

摘要 2000 年 12 月 21 日, 宁波地震台 ZK03 井增加水温测项(“九五”水温), 2010 年 4 月 2 日, 在同一井孔内同一深度又增加水温仪器(“十五”水温)进行平行观测。结果发现 2 套仪器初装时的水温绝对精度测值基本相同, 说明该井水温 10 年来的趋势性上升不是井孔内水温度的变化, 可能是仪器的系统性变化引起的, 即仪器的漂移现象所致, 但对地震前兆观测是没有明显影响的。通过近 9 个月的平行观测, 发现 2 套仪器测值的趋势性变化基本一致。在受到雷电和交流电脉冲干扰时 2 套仪器水温测值出现了不同的变化形态, 可能与每套观测仪器的系统特性有关。由于安装“十五”水温仪而对“九五”水温测值的干扰表明, “九五”水温仪虽然经过 10 余年的连续运行, 但传感器的灵敏度还是很高的, 可以继续使用。

关键词: 水温 平行观测 对比分析 宁波地震台

[文章编号] 1001-4683(2011)04-0431-07 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

20 世纪 80 年代, 随着我国高精度石英温度计的研制成功与推广应用, 利用观测深井水温来研究地下水微温度场变化的工作才获得明显进展, 深井水温观测已经成为目前我国地震监测中的一个重要测项。实践表明, 在地震地下流体动态观测中, 水温对地震活动的响应非常敏感, 在地震预测研究中发挥了重要作用(国家地震局预测预防司, 1997; 顾申宜等, 2011)。“九五”期间浙江宁波地震台 ZK03 井增上了水温测项, 十余年来取得了丰硕的观测成果(邱永平 2006a、2006b、2007), 特别是在 2008 年汶川 8.0 级地震前出现了非常明显的前兆现象(刘冬英 2008)。该台已公开发表与水温观测资料有关的论文 10 余篇, 承担完成了中国地震局“三结合”课题 3 项。为进一步确认异常变化的可靠性, 2010 年 4 月在同一井孔的相同深度又投入了一个水温观测传感器并用“十五”主机记录传输。通过近 9 个月的平行观测, 发现 2 套仪器记录数据的趋势性变化基本同步, 但在受到外界干扰时, 出现了不同的变化形态, 同时发现观测仪器存在漂移现象。通过网络文献检索, 发现同类研究较少(赵刚 2011)。本文拟对 2 套仪器平行观测的结果作对比分析, 供有关人员参考。

[收稿日期] 2011-11-07

[作者简介] 邱永平, 男, 1959 年生, 高级工程师, 主要从事地震监测和管理工作。E-mail: zjnbdtz@163.com

1 观测条件及仪器

1.1 观测条件

宁波地震台地处中国东南沿海的杭州湾南岸,宁波向斜盆地北西翼边缘带上,距离东海岸约 16km,即浙江省宁波市江北区庄桥街道灵山村(29.98°N、121.52°E,海拔标高 20m),属于国家基本台。ZK03 井位于观测台站院内,1979 年 4 月成井,井深 83.06m, ϕ 168mm 套管下至 9.8m 处(第四系覆盖物厚为 6.7m), ϕ 146mm 套管下至 75m 处,并对 ϕ 168mm 套管外用水泥固井止水。据钻孔揭示,井孔岩性为下白垩系紫灰色凝灰岩,在 16.5~25.0m 和 44.5~48.5m 处裂隙发育,岩石相对破碎,为主要含水层,属基岩裂隙水。井水水质属于低矿化度 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水,2010 年日平均自流量小于 1t。

1.2 观测仪器

2000 年 12 月 21 日在 ZK03 井内安装了 SZW-1A 型数字式地热(水温)观测石英温度计(简称“九五”水温),该仪器由主机和传感器两部分组成,由 200m(标准长度)电缆线连接。测温传感器放置在距现井口 78.2m 深处。二次仪表安装在与井口相距小于 10m 的标准计算机房内,仪器信号电缆线用 PVC 管套埋入室,井孔上盖有半地下室井房。

该仪器的主要技术指标为:仪器分辨 0.0001℃,绝对精度 0.05℃,短期稳定性 0.0001℃/d,长期稳定性优于 0.01℃/a,量程 0~100℃。具有高分辨率、数字化自动观测等特点,是中国地震局“九五”数字化改造招标仪器。

2010 年 4 月 2 日在同一井孔的相同深度再安装了一套水温观测仪器,型号为 SZW-1A(V2004)(简称“十五”水温),由同一厂商提供,精度等主要技术指标完全相同。2 套仪器的传感器放置深度误差不超过 200mm,所在位置孔径为 ϕ 130mm,据钻孔揭示,岩石完整,裂隙不发育;传感器直径为 30mm,长度 540mm,即 2 个传感器水平距离小于 70mm。2 套仪器由一个交流供电系统供电,同一套防雷接地系统,并各自接有直流电瓶。

2 观测资料对比分析

2.1 “九五”水温测值的变化

2001 年 1 月 1 日 00 时~2010 年 12 月 31 日 23 时,水温(T)测值由开始的 19.9718℃上升到 20.1232℃,10 年时间共上升了 0.1514℃,上升速率日均约为 0.41×10^{-4} ℃,年均约为 0.01514℃,日整点测值波动约为 $1/10^4 \sim 2/10^4$ ℃。图 1 是 2001 年 1 月~2010 年 12 月 ZK03 井水温月均值变化曲线。从图中可清楚地看出,水温测值长期处于上升状态,年均变化量大于仪器长期稳定性指标。根据赵刚等(2009)研究结果,属于升温漂移型。

2.2 “九五、十五”水温测值对比分析

“九五”水温仪安装后第 11 天,即 2001 年 1 月 1 日 00 时测值为 19.9718℃;“十五”水温仪安装后的第 11 天,即 2010 年 4 月 13 日 00 时测值为 19.9765℃,绝对差为 0.0047℃。根据该仪器的绝对精度指标,仪器安装后的水温测值一致,说明该井水温 10 年来没有明显的变化。

图 2 是 2010 年 4 月 3 日 00 时~12 月 31 日 23 时 ZK03 井“九五、十五”水温整点值动态变化曲线。其中图 2(a)是“九五”水温曲线,2010 年 4 月 2 日安装“十五”水温仪时,“九

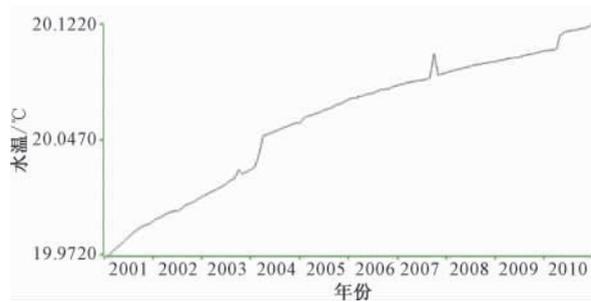


图1 ZK03 井“九五”水温月均值动态变化曲线

“九五”仪器出现了“温度升高转平”现象。之后,测值从4月3日00时的 20.1108°C 上升到12月31日23时的 20.1232°C ,约9个月时间上升了 0.0124°C ,上升速率约为日均 $0.41 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C}$,与10年平均上升速率相似。图2(b)是“十五”水温曲线,仪器安装完成后测值也出现了“温度升高转平”现象。之后,测值从4月3日00时的 19.9711°C 上升到12月31日23时的 19.9858°C ,约9个月时间上升了 0.0147°C ,上升速率约为日均 $0.49 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C}$ 。与“九五”水温仪安装初期,前8个月上升速率约为日均 $0.8 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C}$ 比较(邱永平,2003),上升速率明显变缓。从图2中还可看出,“十五”水温在8、9月份分别出现了一个“较大”的上升阶跃,而“九五”水温没有同步出现,说明阶跃变化不是井孔内水温变化引起的,但“九五”、“十五”水温的趋势性变化基本上是一致的。

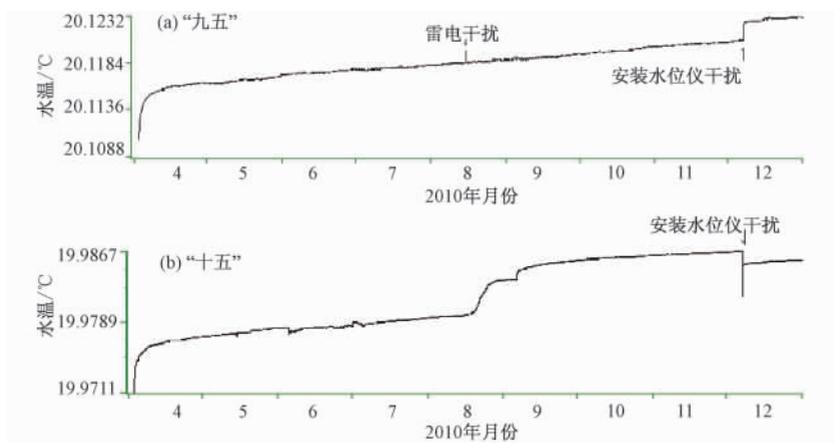


图2 ZK03 井“九五”、“十五”水温整点值动态变化曲线

2.3 “九五”、“十五”水温受到干扰时的测值变化形态

2.3.1 安装“十五”水温仪时对“九五”水温仪的干扰

图3是安装“十五”水温仪时对“九五”水温仪的干扰变化曲线。图3(a)是2010年4月1~4日“九五”水温整点值曲线,图中显示“十五”水温仪安装前,测值平稳,仅有 $1 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C}$ 波动。安装仪器时,因当时气温为 11.25°C (传感器部件),低于井孔内水温,所以当传感器投入井孔后,引起了井孔内水温的瞬间下降,之后快速回升并超过之前的波动范围,出现了一个向上的阶跃,测值从2日15时的 20.1058°C 下降到16时的 20.1040°C ,再上升到4日

23 时的 20.1143℃ ,并继续上升 ,比“安装干扰”前上升了 0.01℃ 后 ,15 日才恢复到正常上升速率。图 3(b) 是 2010 年 4 月 2 日 00 ~ 24 时“九五”水温分钟值曲线。图中可看出 ,安装“十五”水温仪后 ,“九五”水温有 2 次下降过程 ,形成一个“W”底。这是在安装“十五”水温仪时 ,当新传感器下放到原“九五”传感器深度时 ,“九五”主机显示测值出现了下降 ,把新传感器拉升数米 ,测值即回升 ,再下放 ,测值再次下降 ,但比前一次高 ,并快速回升。说明“九五”水温仪虽然经过 10 余年的连续运行 ,但传感器的灵敏度还是很高的。

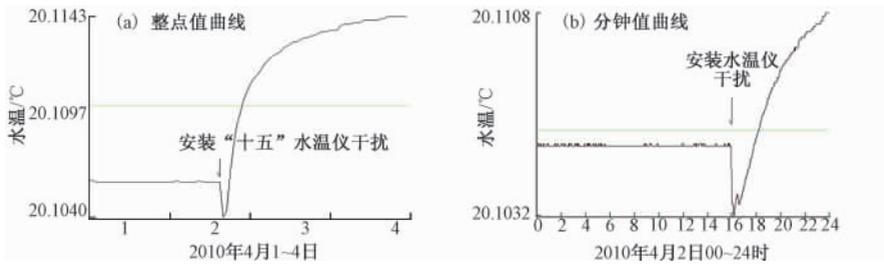


图 3 安装“十五”水温仪时对“九五”水温测值的干扰

2.3.2 “九五”、“十五”水温受到雷电干扰时的测值变化形态

图 4 是“九五”、“十五”受雷电干扰时水温分钟值变化曲线。其中图 4(a) 是“九五”水温 2010 年 8 月 15 日 00 ~ 24 时测值变化曲线 ,图中显示 ,13 时左右受雷电干扰时 ,出现了约 0.002℃ 峰值的脉冲。图 4(b) 是“十五”水温 2010 年 8 月 15 日 00 ~ 24 时测值变化曲线 ,图中显示 ,13 时左右受雷电干扰时 ,测值仅出现了 0.0001℃ 的变化 ,属于正常波动范围。说明雷电干扰可能会影响部分观测仪器的系统特性 ,引起测值变化。

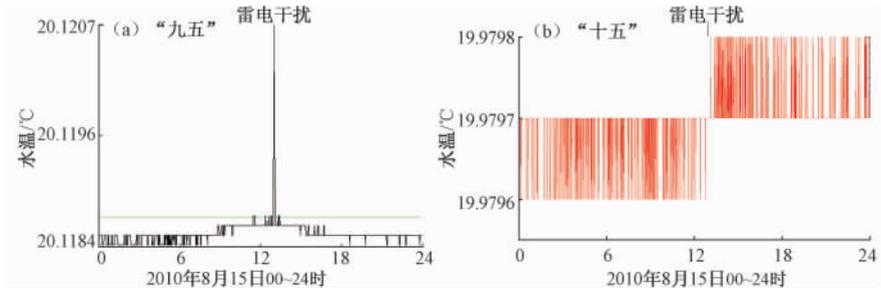


图 4 受雷电干扰时水温分钟值曲线

2.3.3 “九五”、“十五”水温受安装“十五”水位仪干扰时的测值变化形态

2010 年 12 月 7 日 13 时 30 分左右 ,把原“九五”水位仪传感器从 ZK03 井孔内取出 ,投入新的“十五”水位仪传感器(距离现井口约 1.5m 处) ,引起水温测值的波动。图 5 是 2010 年 12 月“九五”、“十五”水温整点值变化曲线。图 5(a) 是“九五”水温 ,从图中可看出 ,安装水位仪后引起水温测值出现了 0.0018℃ 的向上阶跃变化。图 5(b) 是“十五”水温 ,图中显示 ,安装水位仪后引起了水温测值先出现向下脉冲 ,后有所回升 ,但还是形成了一个变化量达 0.0014℃ 的向下阶跃。

图 6 是 2010 年 12 月 7 ~ 8 日“九五”、“十五”水温分钟值变化曲线。图 6(a) 是“九五”

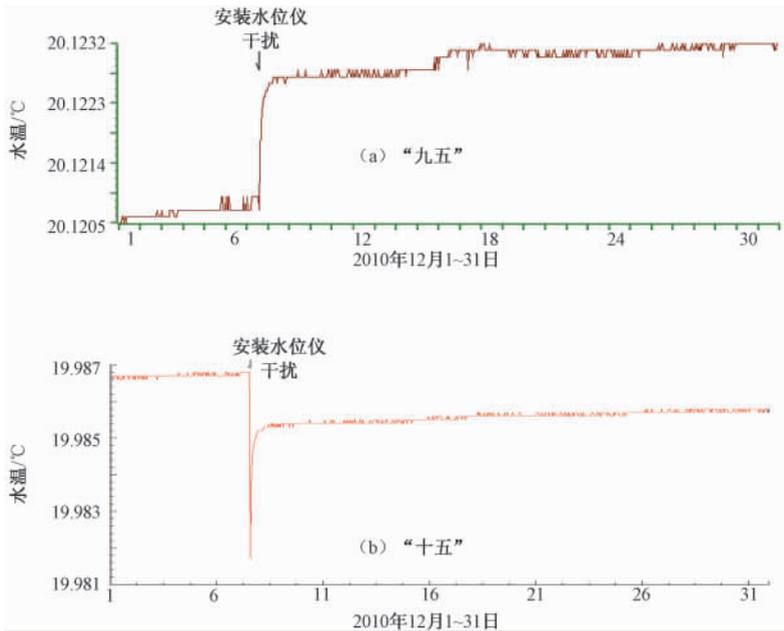


图 5 安装“十五”水位仪时对“九五”、“十五”水温整点值的干扰

水温,从图中可看出,安装水位仪后引起水温测值先出现 0.0005°C 向下脉冲,后回升形成了一个变化量达 0.0018°C 的向上阶跃。图 6(b) 是“十五”水温,图中显示,安装水位仪后引起水温测值先出现 0.0074°C 的向下脉冲,后有所回升,但还是形成了一个变化量达 0.0016°C 的向下阶跃。

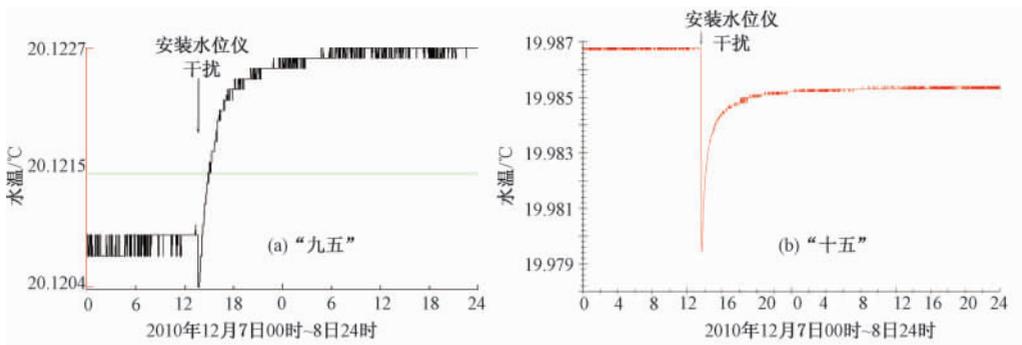


图 6 安装“十五”水位仪时对“九五”、“十五”水温分钟值的干扰

2.3.4 “九五”、“十五”水温受到交流电脉冲干扰时的测值变化形态

图 7 是 2010 年 12 月 18 日受到交流电脉冲干扰时“九五”、“十五”水温分钟值变化曲线。图 7(a) 显示的是“九五”水温,从图中可看出,受到交流电脉冲干扰时测值没有任何变化。图 7(b) 显示的是“十五”水温,可以看出,受到交流电脉冲干扰时测值出现了 0.0002°C 的向下脉冲。

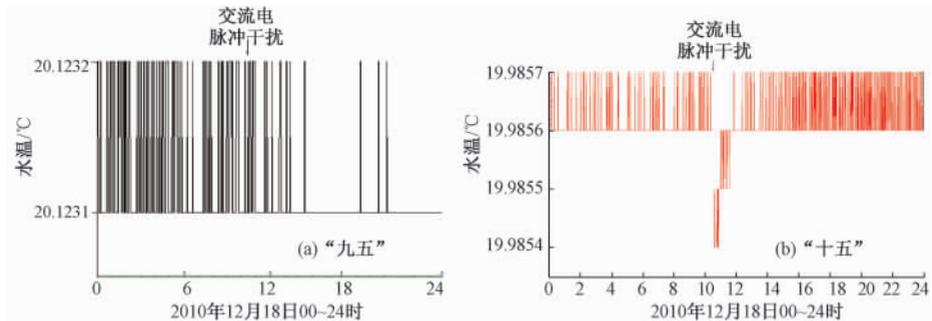


图7 交流电脉冲对“九五”、“十五”水温分钟值的干扰

3 结论与讨论

(1) 依据仪器的绝对精度指标,前后10年分别安装的水温仪观测到的绝对测值基本一致,说明10年来宁波台ZK03井水温没有明显变化。“九五”水温测值的趋势性上升可能是观测仪器的系统性变化引起的,即仪器的漂移现象所致。但对地震前兆观测,笔者认为是没有影响的,因为只是对井水温度的相对观测。但观测结果表明,厂家给出的仪器长期稳定性指标值与实际观测结果有较大差异,建议厂家修改该指标。

(2) 通过近9个月的平行观测,发现2套仪器测值在部分时间段内的变化不完全同步,特别是“十五”水温测值期间波动较大,这可能与仪器安装时间较短或该套仪器性能不太稳定有关,但趋势性变化基本一致。

(3) 安装“十五”水温仪时,对“九五”水温测值造成的干扰表明,“九五”水温仪虽然经过10余年的长时期连续运行,但传感器的灵敏度还是很高的,可以继续使用。

(4) 在受到雷电和交流电脉冲干扰时,“九五”和“十五”水温测值出现了不同的变化形态,可能与每套观测仪器的系统特性不完全相同有关。因此,建议在分析井水温微温度变化资料的细节时要考虑仪器的这些问题。

(5) 安装“十五”水温仪时对水温测值的影响,可能是在安装时碰到了水温仪的信号电缆线,引起每套观测仪器系统按各自的特性发生变化,出现了不同的测值变化形态。

(6) 随着观测时间的延长,观测仪器将趋于稳定,水温测值也趋于平稳,日均上升速率将明显变缓。

上述结论只是一个观测井2套仪器平行观测的初步结果分析,可能存在不妥之处,愿与同行共同讨论。

参考文献

- 顾申宜、刘阳、张慧等 2011,海南琼海加积井水温同震效应特征和机理初探,地震地磁观测与研究,32(3),114~120。
 国家地震局预测预防司,1997,地下流体地震预报方法,132~133,北京:地震出版社。
 刘冬英 2008,宁波台水温、水氡异常与汶川8.0级地震关系探讨,大地测量与地球动力学,28(6),53~55。
 邱永平 2003,宁波ZK03井水温异常与昆仑山口西8.1级地震的关系,内陆地震,17(2),141~144。
 邱永平 2006a,宁波地震台ZK03井水温异常与8级及以上地震的关系,华北地震科学,24(4),17~22。
 邱永平 2006b,江西九江5.7级地震前宁波台水温、水位异常现象探讨,华南地震,26(4),86~91。

- 邱永平 2007 浙江温州 4.6 级地震群前宁波地震台水温异常特征讨论, 地震地磁观测与研究 28(3), 13~16。
- 赵刚 2011 不同动态背景的地热对比观测研究, 地震学报 33(1), 51~61。
- 赵刚、王军、何案华等 2009 地热正常动态特征的研究, 地震 29(3), 109~116。

Comparative analysis of parallel observations at Ningbo seismic station ZK03 well water temperature

Qiu Yongping

Ningbo Seismic Station, Earthquake Administration of Zhejiang Province, Ningbo 315029, Zhejiang, China

Abstract On December 21 2000, Ningbo seismic station ZK03 well started the test of the water temperature (a ninth “Five-year Plan” water temperature project). Ten years later on April 2 2010, in the same well at the same depth a new set of water temperature instrument was installed to start the parallel observation (the tenth “Five-year Plan” water temperature). The results show that the absolute precisions of the water temperature measurements are basically the same at the installments of the instruments, which means that the well water temperature rising trend in ten years is not the result of the temperature change of the well hole internal waters, but that of the instrument systemic changes, namely the instrument drifts, and has not obvious influence on earthquake precursory observations. Through nearly nine months of parallel observation, the two sets of instruments are generally consistent in the measure value trend. When interfered with lightning or electrical impulses, they showed different water temperature measurements, and this may have something to do with the systematic characteristics of each instrument. In spite of the interferences of the water temperature measurements of the ninth “Five-year Plan” water thermometer by the tenth “Five-year Plan” one, the sensitivity of the former is still high although it has worked continuously for more than ten years.

Key words: Water temperature Parallel observation Comparative analysis Ningbo seismic station