

邱永平,2016,高精度温度计在同层水温平行观测中的互相干扰现象,中国地震,32(1),151~156。

# 高精度温度计在同层水温平行观测中的互相干扰现象

邱永平

浙江省地震局宁波地震台,浙江省宁波市庄桥街道灵山村 315029

**摘要** 在 2015 年 4 月 24 日一次意外供电故障中,发现宁波地震台高精度温度计在井水温度同层平行观测中有明显的互相干扰现象。认为目前水温观测到的是水井内实际温度与传感器工作时的“升温值”之和,而“升温值”是动态值,其取决于每套仪器的系统特性,一般可能会在  $0.01^{\circ}\text{C}$  以上;相互影响可能在  $0.005^{\circ}\text{C}$  以上,如果是捆绑式平行观测可能会更高。所以水温测值的波动范围为  $10^{-4}^{\circ}\text{C}$  的观测井中,这种干扰不可忽视,并可能影响前兆异常的提取。因此,在水温波动比较小的观测井(泉)中,不主张做同层平行对比观测。最好在一个传感器内安装 2 套探测温度装置,既免互相干扰,又可相互验证。

**关键词:** 高精度温度计 同层井水温度平行观测 互相干扰 宁波地震台

[文章编号] 1001-4683(2016)01-0151-06 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

在地震地下流体水温前兆观测中,高精度温度计已被广泛使用。据统计,全国地下流体观测台网已拥有 300 多口观测井(泉)(冯恩国等,2012),遍布 31 个省、市、自治区;观测仪器以中国地震局地壳应力研究所研制的 SZW 系列石英温度计为主,该测项现已成为全国地震流体监测台网的第二大测项,且已获得较好的观测效果,但也暴露出观测仪器性能不够稳定等问题(车用太等,2013)。付子忠(1988)认为,水温出现异常的主要原因有以下几个方面:①观测系统受到外界干扰,如仪器故障、台站供电故障、仪器相互之间的干扰等;②观测条件受到干扰,如抽水等;③深部因素,主要分为附加地热场因素和其它地球物理因素,其中附加地热场也就是水温前兆异常。赵刚等(2011)认为,宏观上的干扰分析起来比较简单,所以要提取前兆异常,重点与难点应放在排除对观测系统的干扰。解决办法是安装两套温度观测系统,进行长期连续对比观测。通过这些对比试验,可以确认记录资料是观测部位温度变化的真实反映,这回答了过去一些井孔温度资料出现的问题并非仪器自身的问题,而是井孔本身的观测条件所引起的温度变化。对于某些观测环境复杂的井孔或者是对资料有疑问的情况,可以采用两套观测系统在同一深度进行对比观测,这是解决数据可靠性的最有效方法。

“九五”期间,2000 年 12 月,浙江宁波地震台在 ZK03 井增上了高精度温度计的水温前兆测项,在其后的近 10 年中取得了一些观测成果(邱永平,2006a、2006b、2007;刘冬英,

[收稿日期] 2015-11-06; [修定日期] 2016-01-17

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

2008)。为确认异常变化的可靠性,2010年4月在同一深度又投入了一个同型号高精度水温观测传感器,并用“十五”主机记录传输。2015年4月,在一次意外供电故障中,发现这2套仪器存在着互相干扰现象。本文拟对宁波台2套仪器在井水温度同层平行观测中存在的互相干扰现象进行分析。

## 1 观测井及仪器

### 1.1 观测井

宁波地震台在中国东南沿海的杭州湾南岸,位于宁波向斜盆地北西翼边缘带上,距离东海岸约16km(29.98°N,121.52°E,海拔标高20m),属国家基本台。ZK03井位于该台站院内,1979年4月成井,井深83.06m,Φ168mm套管下至地表下9.8m处(第四系覆盖物厚为6.7m),Φ146mm套管下至地表下75m处,并对Φ168mm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,在地表下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HCO<sub>3</sub>-Ca型水,2014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型数字式水温观测石英温度计(简称“九五”水温仪),该仪器由主机和传感器组成,由200m(标准长度)电缆线连接。传感器放置在距现井口78.2m深处。主机安装在与井口相距小于10m的标准计算机房内,信号电缆线穿入PVC管套埋入室,井孔之上是半地下室井房。

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℃/日,长期稳定性优于0.01℃/年,量程0~100℃(中国地震局,2001)。

2010年4月2日在同一井孔内相同深度又安装了一套水温观测仪器,型号为SZW-1A(V2004)(简称“十五”水温仪),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Φ130mm,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

2015年4月24日6:30~16:57,因市政供电线路改造而停电,“九五”、“十五”水温仪都有各自直流电瓶供电,仪器运转正常。15:00左右发现“十五”水温仪停机,检查后发现是电瓶电压不足,改用UPS电源供电,15:38仪器恢复正常工作。因断电停机时仪器时钟缺失,造成00:00~15:37缺数。

### 2.1 “九五”水温仪、“十五”水温仪水温测值的动态变化规律

2015年1月1日00:00~7月31日23:00,“十五”水温仪水温测值由开始的19.9944℃上升到19.9951℃,7个月时间上升了0.0007℃,月均上升速率约为 $1 \times 10^{-4}$ ℃;“九五”水温仪水温测值由开始的20.1506℃上升到20.1527℃,7个月时间上升了0.0021℃,月均上升速率约为 $3 \times 10^{-4}$ ℃,日整点测值波动都约为 $1 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-4}$ ℃。图1是2015年1~7月份ZK03井水温分钟值动态变化曲线。从图1中可清楚地看出,“九五”水温仪水温测值长期处于上

升状态,而“十五”水温仪水温测值比较平稳。很显然,2套仪器测值的动态变化结果是由每套仪器各自的系统特性所决定的,虽然都优于 $0.01^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 的长期稳定性指标,但是稳定性差异还是比较大的。图中显示,在4月24日“十五”水温仪断电停机和恢复供电运行后,测值都出现了较大幅度的脉冲式下降,说明2套仪器在运行时,由于需向传感器供电而产生热量,使周围水温有所上升,产生互相干扰现象。

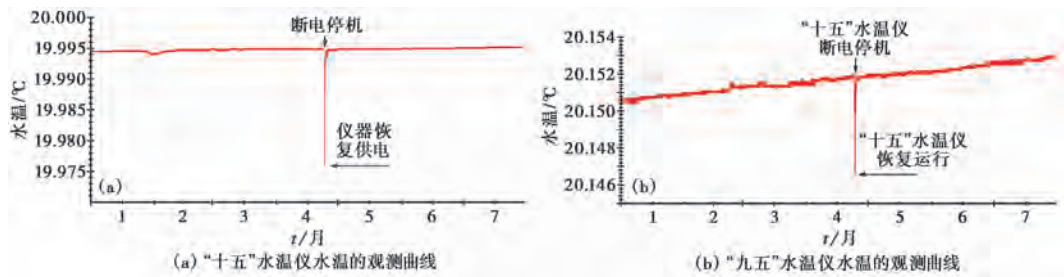


图1 2015年1~7月 ZK03井水温分钟测值曲线

## 2.2 “十五”水温仪断电后、恢复供电运行对“九五”水温仪水温测值的影响

图2是2015年4月23日00:00~26日23:59 ZK03井“九五”水温仪水温分钟值动态变化曲线,其中图2(b)是24日观测曲线。图中显示,24日12:29开始测值持续下降,15:38“十五”水温仪恢复正常工作,15:42“九五”水温仪水温测值趋向稳定,并于16:05后出现恢复性上升,至26日基本恢复正常。由此判断“十五”水温仪应该在12:00后断电停机。“十五”水温仪停机后,“九五”水温仪水温测值从12:28的 $20.1518^{\circ}\text{C}$ 下降到15:42的 $20.1466^{\circ}\text{C}$ ,3h14m时间内测值下降了 $0.0052^{\circ}\text{C}$ 。恢复上升用时要比下降长得多。

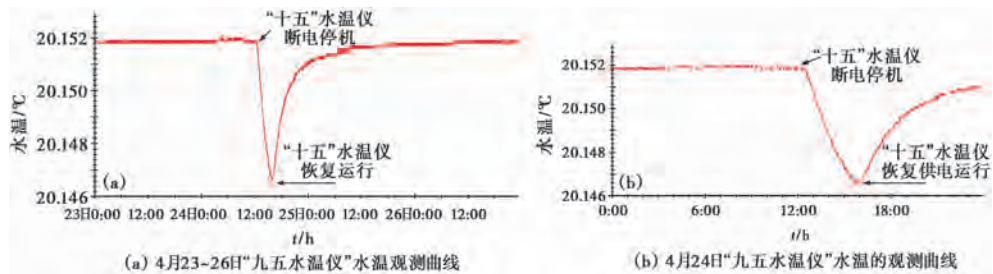


图2 2015年4月23~26日 ZK03井“九五”水温仪水温分钟测值曲线

## 2.3 “十五”水温仪水温断电前、恢复供电运行后测值变化形态

图3是2015年4月23日00:00~26日23:59 ZK03井“十五”水温仪水温分钟值动态变化曲线,其中图3(b)是24日测值。图中可见,断电停机前测值非常平稳,24日15:38恢复供电运行后,测值从低位快速上升,至28日才恢复到原值位置。23日23:59测值为 $19.9948^{\circ}\text{C}$ ,24日15:38分测值为 $19.9761^{\circ}\text{C}$ ,断电停机至恢复运行后使测值下降了 $0.0187^{\circ}\text{C}$ 。说明仪器工作时,向传感器供电所产生的升温值大于仪器的长期稳定性指标值。

## 2.4 “九五”和“十五”水温仪观测数据在特大地震前后的动态变化

2015年9月17日6:54在智利中部沿岸近海( $31.6^{\circ}\text{S}$ , $71.6^{\circ}\text{W}$ )发生了 $M8.2$ 特大地震。

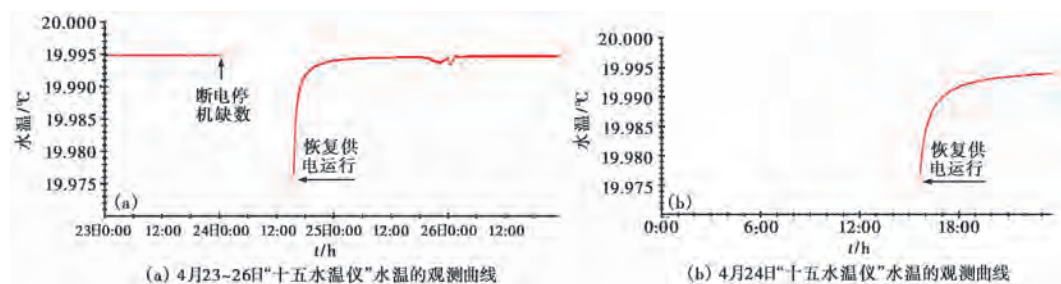


图3 2015年4月23~26日ZK03井“十五”水温仪水温分钟测值曲线

地震前后宁波台“九五”和“十五”水温仪水温测值表现出不同的动态变化特征。“九五”水温仪水温测值没有明显的异常反应,还是按原上升速率变化(图4(b));“十五”水温仪水温测值震前1天出现了 $0.0004^{\circ}\text{C}$ 的向上突跳变化,震后2天内出现了 $0.0005^{\circ}\text{C}$ 的向下突跳变化异常(仪器时间误差 $<1\text{min}$ ),虽然绝对变化幅度不大,但还是达到了日波动变化幅度的1倍以上(图4(a))。

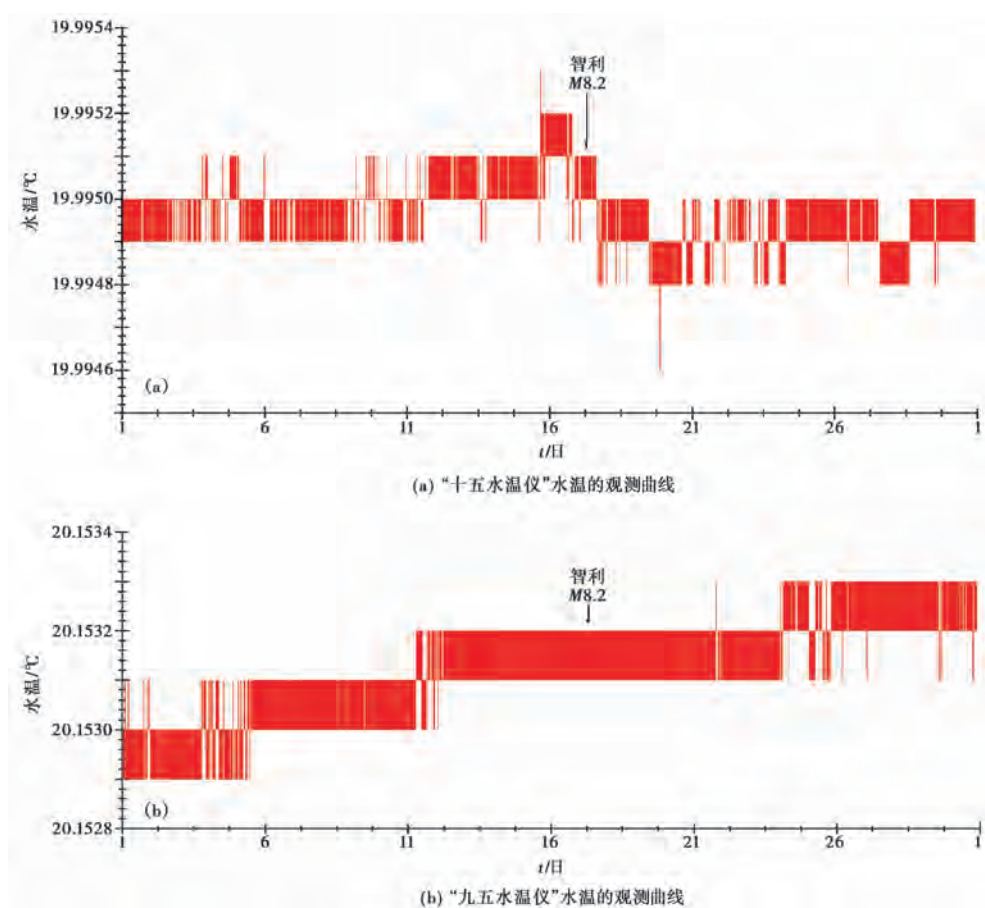


图4 2015年9月1~30日ZK03井“九五”和“十五”水温仪在智利 $M8.2$ 特大地震前后的水温分钟测值曲线

### 3 结论与讨论

(1) 水温测量由于仪器工作时需向传感器输送电力,故会产生升温现象,并向周边扩散。目前观测到的是水井内实际温度与传感器工作时的“升温值”之和,而“升温值”是动态值,取决于每套仪器的系统特性,一般可能会在  $0.01^{\circ}\text{C}$  以上。如果采用 2 套仪器同层平行观测,则会产生明显的互相干扰现象,其影响在  $0.005^{\circ}\text{C}$  以上,如果是捆绑式平行观测可能会更高;特别是水温测值波动为  $10^{-4}^{\circ}\text{C}$  的观测井中,这种干扰不可忽视,并可能影响“前兆异常”。建议厂家改进设计,在一个传感器内安装 2 套探测温度装置,合用 1 套供电系统,既避免 2 套仪器平行观测时的互相干扰,又可相互验证。

(2) 宁波台“九五”水温仪安装后第 11 天,即 2001 年 1 月 1 日 00:00 时测值为  $19.9718^{\circ}\text{C}$ ;“十五”水温仪安装后的第 11 天,即 2010 年 4 月 13 日 00:00 时测值为  $19.9765^{\circ}\text{C}$ ,绝对差为  $0.0047^{\circ}\text{C}$  (邱永平, 2011)。这与“十五”水温仪停机后,“九五”水温仪水温测值下降了  $0.0052^{\circ}\text{C}$  对比,仅仅相差  $0.0005^{\circ}\text{C}$ 。说明当初“十五”水温仪安装后的第 11 天值比“九五”水温仪高,这应是受到“九五”水温仪的影响,证明仪器出厂时的精度是比较高的。

(3) 在 2 套仪器同层平行对比观测之前,宁波台“九五”水温仪水温测项在全球 8 级及以上地震前都有一定程度的前兆反应(邱永平, 2006a; 刘冬英, 2008; 赵刚等, 2009),而在近震震前又有不同的前兆反应(邱永平, 2006b、2007),自从做同层平行对比观测之后,这种前兆反应就不再出现了。如 2008 年汶川 8.0 级地震前,宁波台水温、水氡异常变化非常清晰(刘冬英, 2008; 邱永平等, 2009);而 2011 年日本 9.0 级地震前,水氡异常反应仍然较好(邱永平, 2013),而水温反应不明显。说明 2 套仪器同层平行观测中存在的互相干扰因素,可能抵消了异常变化动态。因此,在水温波动比较小的井泉中,不主张做同层平行对比观测。

### 参考文献

- 车用太、鱼金子, 2013, 井水温度观测中有待解决的若干基本问题, 中国地震, **29**(3), 306~315。
- 冯恩国、王华、车用太等, 2012, 中国地震地下流体观测现状的调查与分析, 地震地磁观测与研究, **33**(5/6), 202~207。
- 付子忠, 1988, 地热动态观测与地震前兆//地壳构造与地壳应力文集, 北京:地震出版社, (4), 85~92。
- 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, 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。
- 邱永平、杨钢宇, 2009, 浙江地下流体在汶川 8.0 级地震中的映震效应研究, 地震地磁观测与研究, **30**(5), 107~112。
- 邱永平, 2013, 宁波台水氡、水位在汶川 8.0、日本 9.0 级地震中异常现象分析, 内陆地震, **27**(1), 15~19。
- 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。
- 赵刚、何案华、马文娟等, 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、马文娟、王军等, 2009, 中国地热前兆观测台网的现状及对汶川地震的响应, 地震研究, **32**(3), 248~252。
- 中国地震局, 2001, 地震及前兆数字观测技术规范-地下流体观测, 51~56, 北京:地震出版社。

## Mutual interference of high precision thermometer in the water temperature observation of the same layer

*Qiu Yongping*

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

**Abstract** In an accident of power supply on April 24, 2015, Ningbo seismic station found clear interferences of high accuracy thermometer in the same layer observations. We believed that the water temperature observed is a joint result of the actual temperature and the working temperature rise of the sensor. This rise is a dynamic value, depending on the systematic characteristics of the instruments, with an average of  $0.01^{\circ}\text{C}$  and more than  $0.005^{\circ}\text{C}$  with interference. The rise can be higher in a parallel observation. Therefore, in an observation with the temperature fluctuation of  $10^{-4}^{\circ}\text{C}$ , the interference should not be ignored which could lead to precursory anomalies. We therefore suggest that no parallel observation of the same layer be needed in wells of small fluctuating temperatures. There should be two sets of temperature detecting devices in a sensor so as to avoid mutual interference but gain mutual confirmation.

**Key words:** High precision thermometer Parallel observation of temperature in the same layer Mutual interference Ningbo seismic station