

# 山东诸城井深层水温对比观测研究<sup>\*</sup>

耿杰, 张玲

(山东省地震局, 山东 济南 250014)

**摘要:** 2015年11月至2016年8月诸城井完成了水温不同深度对比观测仪器安装调试与产出数据的试验, 在对产出数据进行直观和定性分析的基础上, 对不同深度、同层位、不同通道的2套地热水位综合观测仪产出数据进行了趋势、方差和均值的一致性检验。结果表明: 诸城井不同深度水温观测数据与地温梯度测试结果基本一致, 显示水温产出数据是可靠的; 经一致性检验, 同层位水温变化趋势、方差一致, 但均值不一致, 表明综合观测仪器产出数据间有一定的系统误差, 数据变化本底值有一定的差异。

**关键词:** 诸城井; 水温观测; 一致性检验

**中图分类号:** P315.723

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2017)02-0226-07

## 0 前言

2015年3月25日, 山东省地震局监测预报处组织专家对诸城井流体对比观测实施方案进行了论证, 初步确定在诸城井不同深度安装8个水温传感器和2个水位传感器, 实施数字化水温对比观测, 以期为地震分析预报与研究提供有价值的观测数据。

按照论证后的实施方案和国家相关规定, 山东省地震局完成了仪器(DRSW-2地热水位综合观测仪)招标采购, 在此基础上于2015年11月至2016年8月先后完成了设备安装调试、井房及避雷网改造、地温梯度测试、仪器设备安装、主机软件更新升级、UPS电源及气象三要素仪器安装, 并在分析不同仪器、不同通道产出数据的基础上, 进行了仪器主机工作状态及不同深度产出数据的试验观测。本文对诸城井安装完成后仪器所产出的水温数据进行了系统分析研究, 并对同层位对比观测的2套水温仪器产出数据, 进行了趋势、方差和均值的一致性检验。

## 1 井孔及观测基本情况

诸城井由胜利油田地质钻井公司第二分公司

钻探完成, 于1997年12月24日开始, 至1999年2月8日成井, 是石油部门为揭露诸城凹陷地层序列、岩性特征, 探查诸城凹陷含油气情况而钻探的。

诸城井位于诸城市昌城镇大下泊村东约900 m, 构造位置处在胶莱拗陷西南端的诸城凹陷辛兴鼻状构造带上, 井深5 005 m, 上部套管3 138 m, 井孔自上而下有新生界第四系平原组, 中生界白垩系王氏组、青山组、莱阳组等地层, 地层岩性主要是砂岩、砾岩、凝灰岩等。观测含水层为中生界白垩系莱阳组。

2007年4月, 诸城井开展数字化地下流体水温、水位观测, 采用SZW-1A型数字式温度计进行地热观测。改造前水温探头投放深度为600 m, 采用LN-3A数字水位仪进行数字化水位观测后, 探头投放深度为30.094 m。

自投入观测以来, 诸城井水温、水位的长期动态特征基本清晰, 无年动态变化, 变化有一定规律, 不受当地降雨和地下水开采、灌溉影响。诸城井水温观测资料显示水位变化呈现稳定性较好的趋势上升变化, 在数次大震时未发现同震效应。无水位固体潮记录, 记录水震波能力较差。水位观测同震响应不显著, 仅对部分强震有响应。诸城井含水层简单, 干扰因素相对较少, 数据变化信度较高, 该井地下流体观测资料对震情判定

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2016-11-12.

基金项目: 山东及邻区震情跟踪工作项目资助.

有一定的作用，在震情会商中得到了有效应用。

2  水温对比观测的实施

按照《地震及前兆数字观测技术规范——地下流体观测（试行）》（中国地震局，2001）及《地震地下流体观测方法井水位观测》（DB/T 48—2012）的相关规定，2016 年 3 月 5 日，山东省地震局对诸城井进行了地温梯度测试，起始测点为井口以下 75 m，测点间距为 50 m，每 50 m 进行 30 min 的温度测量，共测量了 19 个不同层位的水温值，最深测试深度为 975 m。地温梯度测试结果显示：诸城井全井段处在正梯度，全井段温度梯度处在（2.5 ~ 4）℃/hm 区间；400 m 以上井段，温度梯度振荡幅度较大，400 m 以下，温度梯度振荡幅度明显减小；全井段温度梯度以 -0.067 3℃/hm 的速率下降，即随着深度

的增加，温度梯度减小。地温梯度的测试结果与该井“十五”数字化建设改造地温梯度测试结果一致。

在对诸城井地温梯度测试结果进行分析的基础上（车用太等，2002；孙亚强等，2001），结合“诸城井流体对比观测实施方案”论证讨论结果以及现场工作实际情况，2016 年 3 月 6 日至 4 月 19 日，山东省地震局完成了 2 套 DRSW-2 地热水位综合观测仪和 RTP-2 型气象三要素仪器设备安装与调试（表 1），同时完成了山特 3KVA 不间断电源的安装。为了保证仪器供电电源的连续性，2 套综合主机各接入同一原控。安装完成后的 2 套水位、8 套水温及气象三要素的全部仪器均已接入山东省地震局前兆未参评仪器服务器，数据开始采集入库，选取综合主机 2 水位（设备号 1528）和 600 m 深度水温（设备号 986）作为参评仪器，接入安丘节点前兆服务器。

表 1  诸城井综合观测主机设备安装信息表  
Tab. 1  Information table of integrated observation equipment installation in Zhucheng well

仪器		综合主机 1			综合主机 2		
IP		10. 37. 153. 34			10. 37. 153. 35		
安装信息		设备号	探头设计安装深度/m	探头实际安装深度/m	设备号	探头设计安装深度/m	探头实际安装深度/m
水位	第一通道	1527	5(水面以下)		1528(参评)	6. 07(水面以下)	
	第一通道	990	1 000	940	986(参评)	600	600
水温	第二通道	982	800	796	981	600	600
	第三通道	987	800	796	979	300	300
	第四通道	997	500	490	980	150	130

注：（1）987#与 982#、981#与 986#两支传感器捆绑在一起，实施同层位对比观测；（2）安装时水位埋深 25.114 m；（3）气象三要素 IP 10. 37. 153. 37。

3  深层水温对比研究

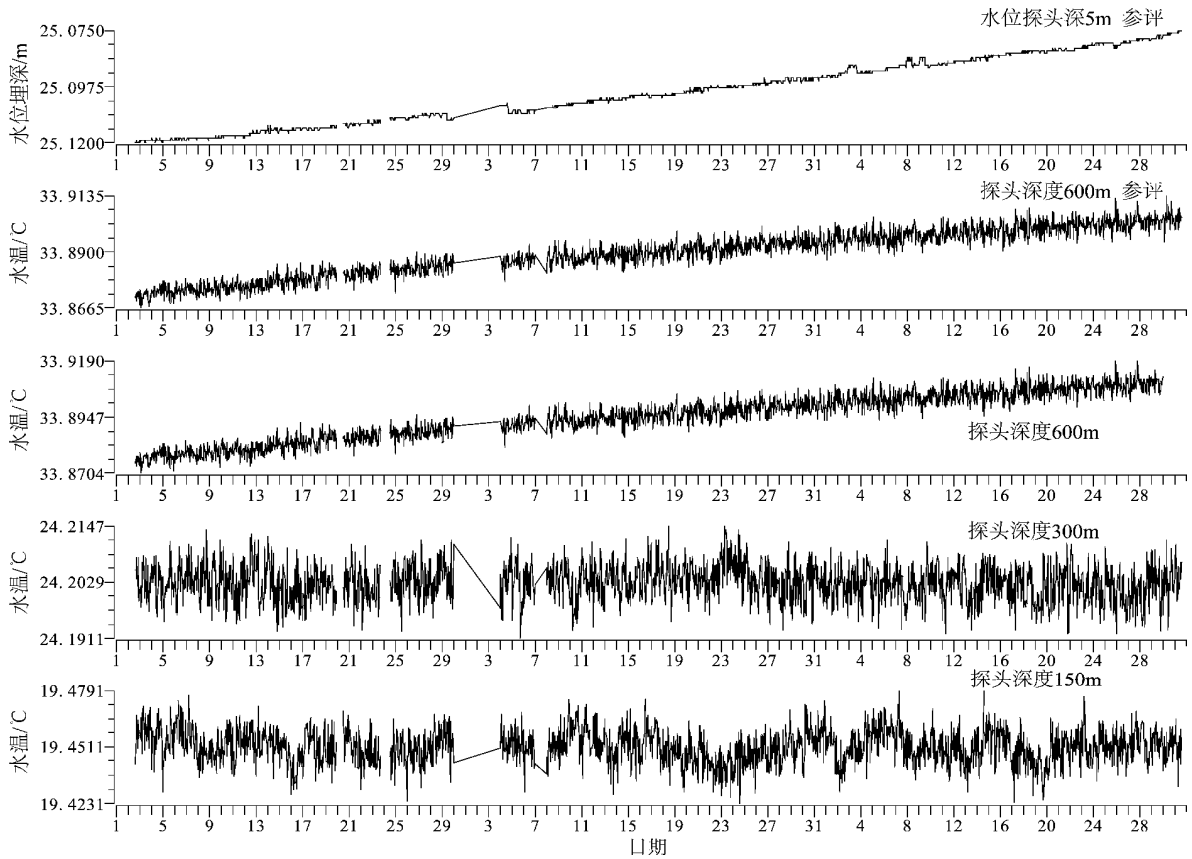
对比诸城井水温数据与同深度地温梯度测试结果（图 1），发现二者测值相近。不同深度水温短期日动态均显示为短周期随机波动变化（汪成民等，1988；王吉易等，1997），2 套水温观测仪器在 600 m 深度综合主机 2 产出的数据与原“十五”投测观测仪器产出数据的趋势变化形态和上升速率一致；综合主机 1 在 800 m 深度产出的观测数据，同时显示为趋势下降变化，且趋势变化形态和下降速率基本一致（图 1 a, b）。

为了进一步考察 2 套主机及其通道的工作状态，

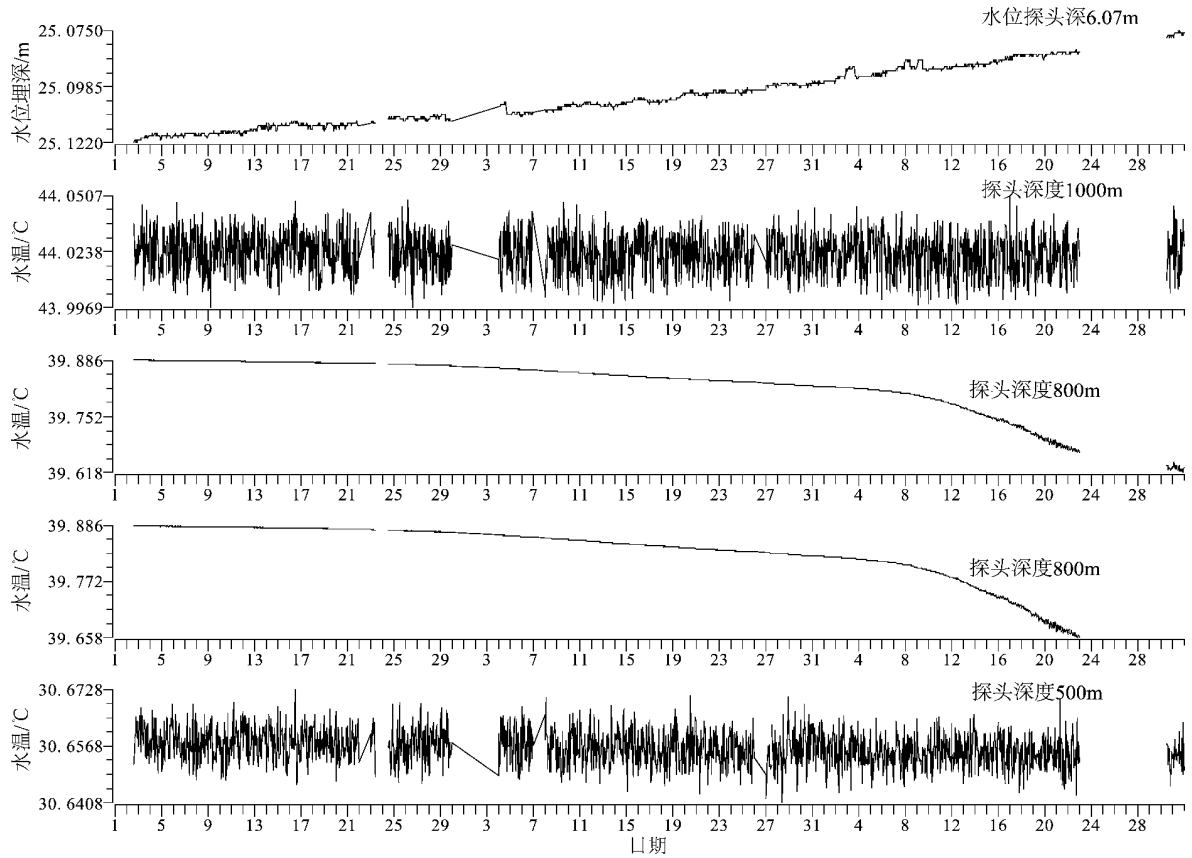
于 2016 年 8 月 30 日将综合主机 2 第二通道的 600 m 探头接入主机 1 第三通道，将综主机 1 第三通道的 800 m 探头接入主机 2 第二通道，并完成相关参数配置，实施了主机 1、主机 2 不同通道不同层位探头产出数据（图 1 c, d）的进一步分析对比检验。

3.1  同层位水温观测产出数据的一致性检验

在对诸城井水位和不同深度多层位水温产出数据进行直观对比、定性描述的基础上（蒋骏等，2000；贾化周等，1995），选取 2016 年 7 月和 9 月诸城井深层水温 600 m 和 800 m 两个不同层位的水温产出数据，选择同时刻的观测值（整点值）进行对比计算，以检验其同时刻及较长时段观测资料的一致性。



(a) 主机2 水位、水温变化曲线 (2016-06-01 ~ 2016-08-31)



(b) 主机1 水位、水温变化曲线 (2016-06-01 ~ 2016-08-31)

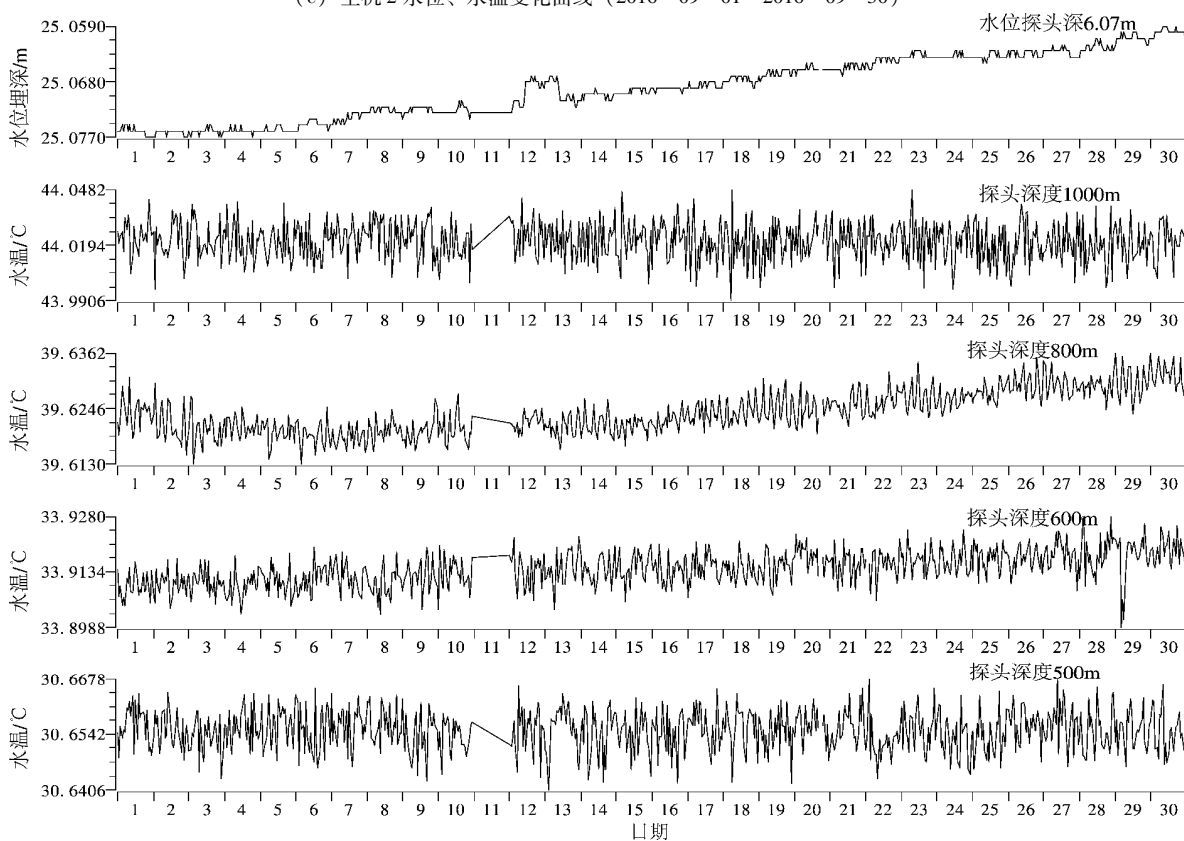
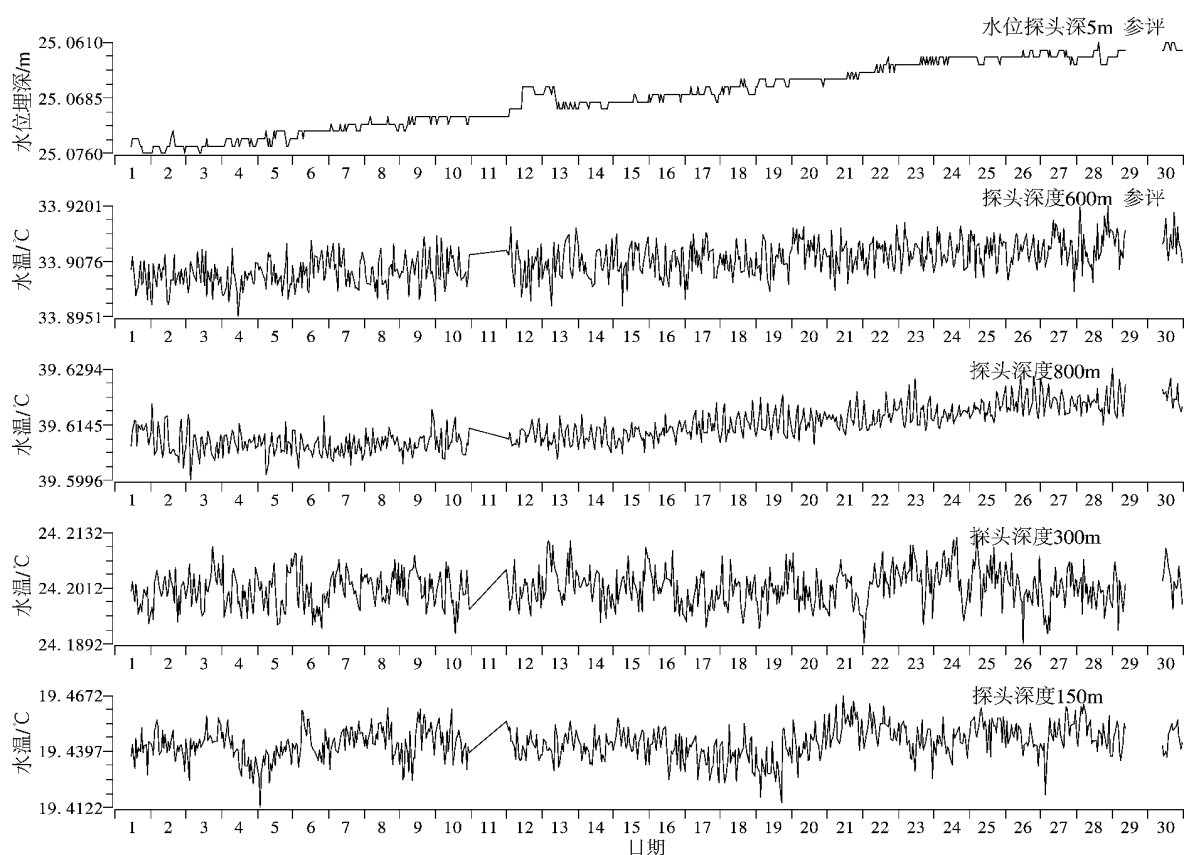


图1 诸城井不同观测深度水温变化曲线

Fig. 1 The water temperature variation curve of different observation depth in Zhucheng well



统计检验,结果见表2,以上对比检验取显著性水平 $\alpha=0.05$ (耿杰等,2001;张炜等,1988)。计算结果表明,同深度不同主机产出的水温数据有较一致的变化趋势和方差,但2个层位不同时段 $t$ 检验均未通过,显示2个层位的2套不同主机及不同通道的产出数据均值不一致,即不同主机或观测系统间存在一定的系统误差。

## 4 结论

综合上述对诸城深层水温对比观测产出数据的研究与分析结果,得出以下分析结论:

(1) 诸城井不同深度水温观测产出数据与地温梯度测试结果基本一致,显示不同层位水温产出数据是可靠的,产出资料可用于地震分析预报。

(2) 诸城井同层位水温对比观测资料的一致性检验结果显示,同层位水温变化趋势、方差一致,但均值不一致,表明2套数字化综合观测仪器产出数据间有一定的系统误差,其变化本底值、变化幅度有一定的差异。

(3) 开展诸城井同型号仪器多层位水温对比观测为分析水温异常变化提供了可靠的依据,同井不同深度的水温观测为分析不同层位之间水温影响如水温的对流、弥散、传导的影响方式和影响程度提供了可靠的第一手观测数据。

(4) 对比诸城井2套观测主机产出水温数据,发现不同主机采集通道不同,对产出数据有一定的影响,有待协商仪器生产厂家进行进一步检查和调试。

## 参考文献:

- 车用太,孔令昌,陈华静,等.2002.地下流体数字化观测技术[M].北京:地震出版社.
- 耿杰,任桂香,王忠民,等.2001.山东数字化水位观测资料与模拟观测资料的对比分析[J].地震地质,23(3):455-462.
- 贾化周,张炜,董守玉,等.1995.地震地下水手册[M].北京:地震出版社.
- 蒋骏,李胜乐,张雁滨,等.2000.地震前兆信息处理与软件系统(EIS2000)[M].北京:地震出版社.
- 李庆海,陶本藻.1982.概率统计原理和在测量中的应用[M].北京:测绘出版社,109-268.
- 孙亚强,宋彦云,王方建,等.2001.地震前兆台网技术—山东数字试验台网[M].北京:地震出版社.
- 汪成民,车用太,万迪坤,等.1988.地下水微动态研究[M].北京:地震出版社.
- 王吉易,董守玉,陈建民,等.1997.地下流体地震预报方法[M].北京:地震出版社.
- 谢中华.2010. MATLAB 统计分析与应用[M].北京:航空航天大学出版社,144-156.
- 张炜,王吉易,鄂秀满,等.1988.水文地球化学预报地震原理与方法[M].北京:教育科学出版社,215-249.
- 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(试行)[M].北京:地震出版社.
- DB/T 48—2012,地震地下流体观测方法井水位观测[S].

## Research on Comparative Observation of Water Temperature in Zhucheng Well in Shandong

GENG Jie, ZHANG Ling

(*Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, Shandong, China*)

### Abstract

From November 2015 to August 2016, we have completed the installation and debugging of contrast observation equipment as well as the test of output data at water temperature of different depth in Zhucheng well. Based on the intuitive and qualitative analysis of the output data, we have tested the consistency of the trend, variance and mean of output data from two sets of different channels at water temperature of different depth of the same layer in the well. The observation data of water temperature in different depth of the well is basically consistent with the result of geothermal gradient, which shows that the output data of water temperature is reliable. The results of consistency test with the observation data of water temperature at contrast layers in the well confirmed the same horizon temperature change trend and variance, but the mean is not same, which shows that the output data from comprehensive observation instruments showing the system error and that the background value of data change is certain different.

**Keywords:** Zhucheng well; water temperature observation; consistency check