

秦双龙, 刘水莲, 赵文波. 永安井数字化水位水温主要影响因素分析[J]. 华南地震, 2021, 41(2): 55–60. [QIN Shuanglong, LIU Shuilian, ZHAO Wenbo. Analysis on the Main Influencing Factors of the Digital Water Level and Water Temperature of Yong'an Well[J]. South China journal of seismology, 2021, 41(2): 55–60]

永安井数字化水位水温主要影响因素分析

秦双龙¹, 刘水莲², 赵文波¹

(1. 福建省地震局, 福州 350003; 2. 福建省永安地震台, 福建 永安 365000)

摘要: 通过对福建永安井自数字化观测以来的水位、水温资料分析, 认为该井水位的主要影响因素为降雨和上游水库泄洪的影响; 水温的影响因素较为复杂, 主要为水位变化、降雨及上游水库泄洪的影响, 但影响水温变化的机理不同。水位的趋势变化对水温的影响是由于随着水位的上升或下降, 会引起含水层中孔隙压力发生变化, 从而引起水温梯度的变化; 降雨对水温的影响变化是由于冷水的渗入, 在含水层水头不变的情况下, 低温水比例增大, 高温水比例减小, 从而使得水温下降; 上游泄洪对水温造成的影响, 是由于处于下游的井孔孔内的渗透率增大, 导致水位升高引起水温梯度发生变化, 从而使得水温升高。

关键词: 永安井; 水位; 水温; 降雨; 孔隙压力

中图分类号: P315.723

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2021)02-0055-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2021.02.08

Analysis on the Main Influencing Factors of the Digital Water Level and Water Temperature of Yong'an Well

QIN Shuanglong¹, LIU Shuilian¹, ZHAO Wenbo²

(1. *Fujian Earthquake Agency, Fuzhou 350003, China*; 2. *Yong'an Seismic Station, Fujian Province, Yong'an 365000, China*)

Abstract: By analyzing the water level and water temperature data of Yong'an well in Fujian province since the digital observation, it is believed that the main influencing factors of the water level are rainfall and discharge from upstream reservoir; the influence factors of water temperature are complex, mainly the influence of water level change, rainfall and flood discharge from upstream reservoir, but the mechanism of effect is different. The effect of the trend change of the water level on the water temperature is that as the water level rises or falls, it will cause the change of pore pressure in the aquifer, which will cause the change of the water temperature gradient. The effect of rainfall on water temperature is due to the infiltration of cold water. Under the same conditions, the ratio of low temperature water increases and the ratio of high temperature water decreases, which causes the water temperature to decrease. The impact of upstream flood discharge on water temperature is

收稿日期: 2020-12-10

基金项目: 2020年福建省地震局科技基金项目(SF201908); 2021年中国地震局震情跟踪项目(2021020301)联合资助。

作者简介: 秦双龙(1985-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事地下流体、地球物理学方面的研究工作。

E-mail: slqin0624@126.com

due to the increase in permeability in the downstream well bores, which leads to the change of water temperature gradient due to the rise of water level, thereby increasing water temperature.

Keywords: Yong'an; Water level; Water temperature; Rainfall; Pore pressure

0 引言

井水位、水温观测目前是我国地震地下流体前兆观测中一项重要观测手段,旨在捕捉地震孕育过程中地壳的应力-应变信息,越来越受到许多地震研究工作者的重视^[1-4]。但同时因数字化水位、水温观测对灵敏度和观测精度要求较高,所以受到外界环境的干扰影响多,比如降雨、周边抽水、仪器不稳定、电源故障等因素的影响,都会对水位、水温的动态变化造成一定的影响。因此,判定地下水水位、水温的动态变化是否是由构造因素引起的还是由非构造因素引起的对于地震预报分析工作是非常重要的。

福建永安井水位、水温观测项作为中国地震局背景场项目,自 2014 年以来开始数字化观测,自观测以来,仪器运行稳定,数据可靠、潮汐响应明显。水位变化比较稳定,但水温受降雨影响明显,背景噪音较大,且具有一定的滞后效应。因此,对该井的数字化水位、水温资料展开分析,并提出适合该井水温观测的建议是一项十分有意义的研究。

1 井孔基本概况特征

福建永安水位、水温观测井是我国东南沿海最深的地震地下流体观测井,井深 1000.44 m,套管埋深 6.91 m,海拔高程 172 m。构造上该井孔位于政和一海丰断裂带西侧,永安—晋江断裂带上, NNE 向压性断裂与 NW 向张扭性断裂交汇处(图 1),该井的地质观测岩层为火山岩裂隙承压汇合水,封闭条件较好。5.2~400 m 为第三系—白垩系上统赤石群,岩性为紫红色砂岩;400~1000 m 为侏罗系上统南园组,岩性为凝灰岩层。含水层主要分布在 70~552 m,为混合承压水^[5]。该井有水位和水温两个测项,目前测点周边无明显环境干扰情况。在距离该水井约 20 km 的上游处有一个水库,在水库泄洪时会对水位造成一定的影响。

2 井水位、水温动态特征

永安井数字化水位、水温观测仪器分别采用

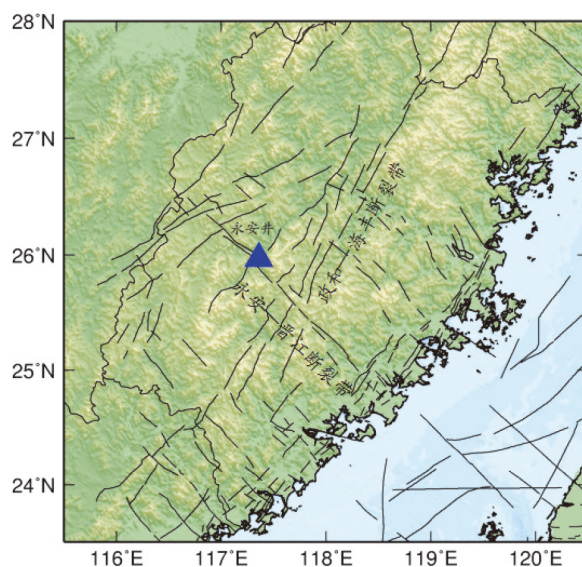


图 1 永安井所处区域地质构造图

Fig.1 Regional geological structure of Yong'an well

的是中国地震局地壳研究所研制的 SWY-II 型数字化水位仪和 SWZ-1A V2004 数字式水温仪,水位探头距井口埋深 12 m,水温探头距井口埋深 180 m。自观测以来该井水位年变幅度大约在 1 m 左右,呈现出夏高冬低的年变形态(图 2a),这是受降雨及年变形态的影响;井水温在 25.06℃~25.70℃之间变化(图 2b),也呈现出一定的年变形态,但波动变化相对较大。该井水位、水温都能清晰地记录到固体潮效应(图 3),表明水位、水温观测对地球动力作用具有较强的响应能力。永安井水温梯度测试结果表明该井水温梯度呈现正梯度变化(见图 4),探头埋深处水温约在 25℃左右变化。

3 井水位、水温主要干扰因素及机理分析

通过分析永安井 2014—2017 年的数字化水位、水温资料,该井水位干扰因素相对较少,主要为降雨及上游水库泄洪会对水位造成一定的影响,机理也较为简单。而该井水温的影响因素较为复杂,主要为水位变化、降雨以及上游水库泄洪影响,而且影响形态和机理也各不相同。

3.1 降雨对水位的影响分析

在地震地下水动态观测过程中,约 90%的观

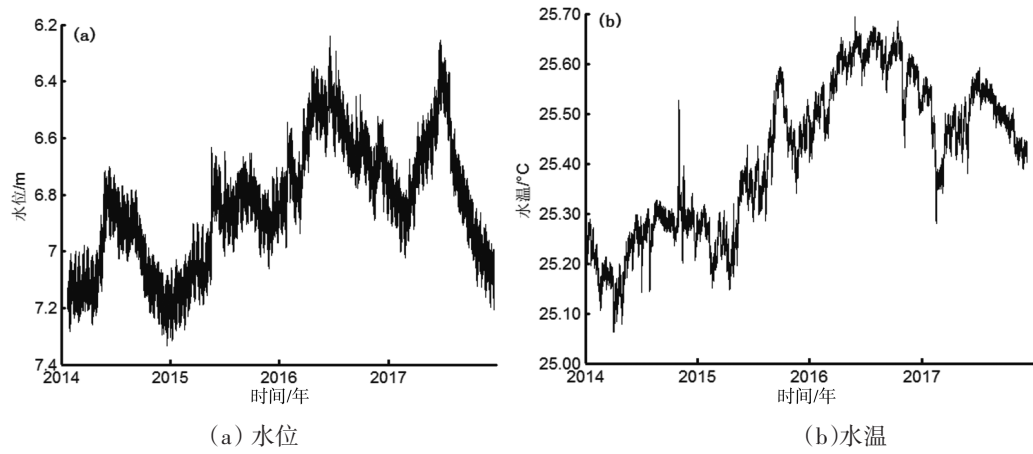
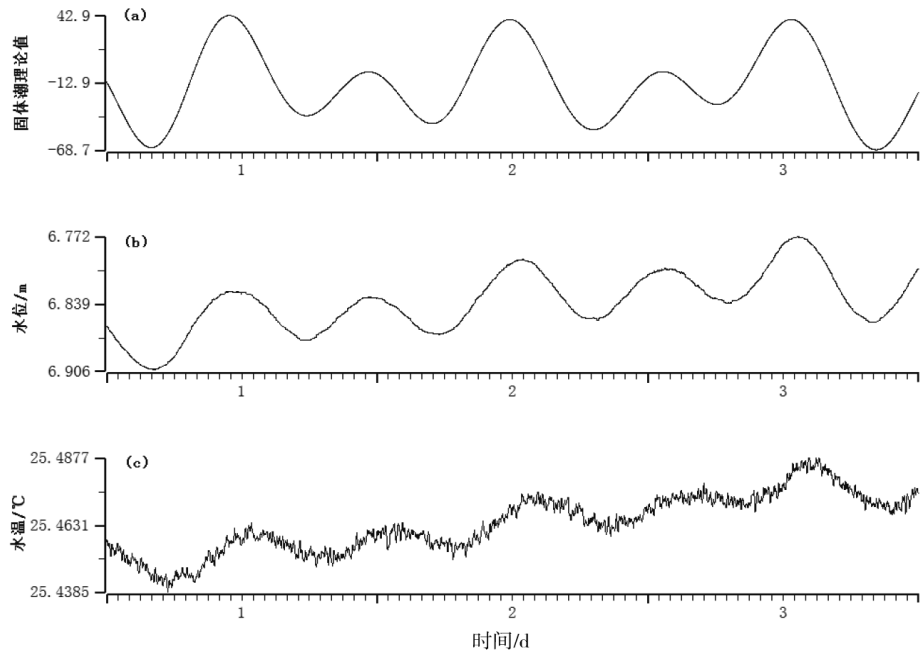


图 2 2014—2017 年永安井水位、水温动态变化图

Fig.2 Dynamic change of water level and temperature in Yong'an well from 2014 to 2017



(a)固体潮理论值; (b)水位; (c)水温

图 3 2016 年 1 月 1 日—3 日永安井水位、水温与固体潮理论值对比图

Fig.3 Comparison of water level, water temperature and solid tide in Yong'an well from January 1st to 3rd in 2016

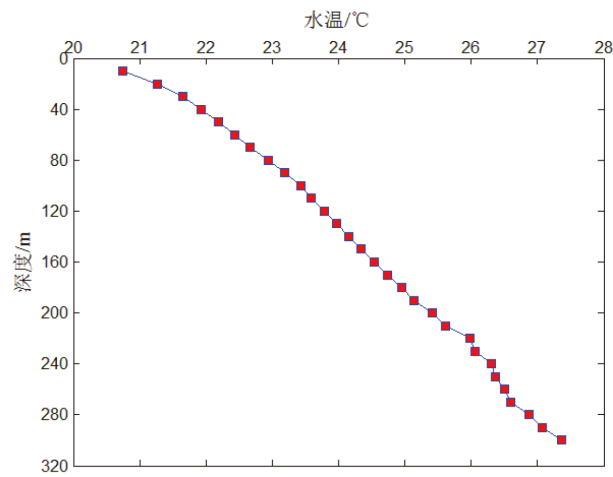


图 4 永安井水温梯度变化图

Fig.4 Water temperature gradient of Yong'an well

测井水位会受到降雨干扰,进而对地震前兆信息的识别造成一定的影响^[9],大气降水对井水位的影响主要通过降水渗入补给及地表荷载 2 种作用影响井水位的变化。永安井水位主要为降雨渗入补给。

图 5 为永安井水位月均值与降雨量月总量的关系图,从图中可以看出该井水位与降雨量具有一定的相关性,即随着降雨量的增大水位埋深值升高,降雨量的减少水位埋深值降低,对该井水位的年均值与年降雨量总和做相关性分析,相关系数 $R=0.71$,相关性较好。

从该井的短期资料来看,并不是每次降雨对井水位的动态有影响,例如在该地区 2015 年 6—7 月的雨季中(图 6a),只有在 7 月 2—3 日短时间内降雨量累积达 67.8 mm,7 月 20—22 日短时间内降雨量累计达 47.4 mm 时,才引起水位分别上升 185

mm、100 mm,但只是短时间内水位出现明显上升或畸变,表明该井的含水层的承压性较强。在 2015 年 5 月 19 日当天降雨量达 126.1 mm,井孔上游的水库泄洪,泄洪量达 3000 m³/s,导致处于下游的永安井井孔含水层孔隙压力增大,使得水位出现阶升现象,并且持续时间较长(图 6b)。

3.2 降雨对水温的影响分析

降雨作为水位动态的主要影响因素,同样影响着水温的变化。通过对永安井降雨量对水温变化幅度的相关性分析(表 1),相关系数 $R=0.62$,表明降雨对水温有一定的影响,但没有对水位的影响相关性强,主要表现为短时间内的影响。通过分析降雨对该井水温动态的影响特征,主要影响形态可分为 3 种类型:

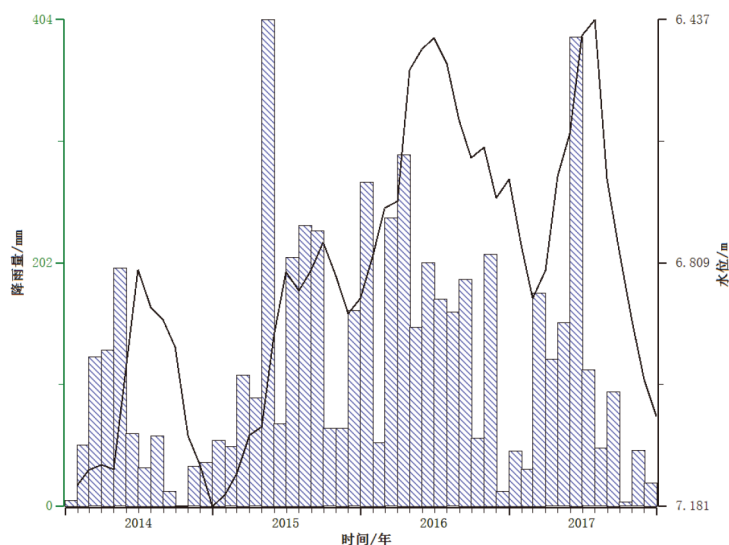
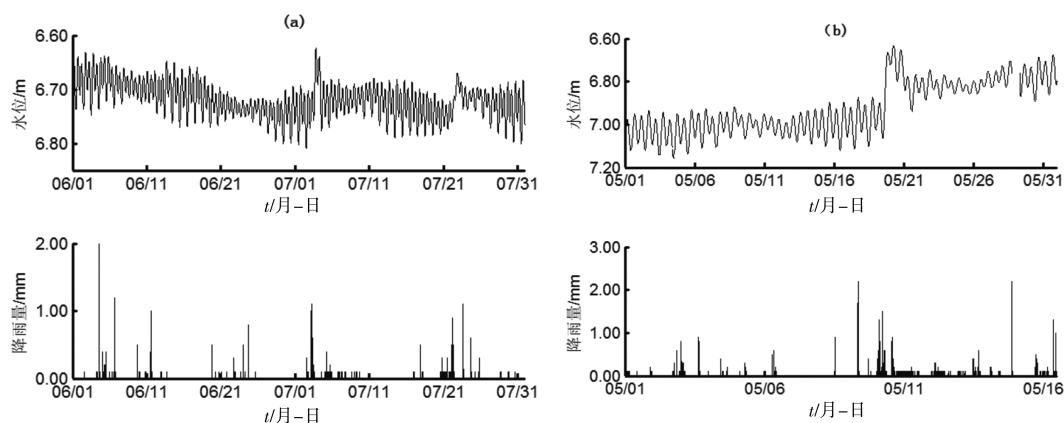


图 5 永安井水位与降雨曲线图

Fig.5 Curve of water level and rainfall in Yong'an well



(a)2015 年 6 月—7 月永安井水位与降雨;(b)2015 年 5 月永安井水位与降雨;

图 6 降雨对水位的影响动态分析

Fig.6 Dynamic analysis of the influence of rainfall on water level

表 1 永安井水温受降雨定量分析

Table 1 Quantitative analysis of the influence of rainfall on water temperature in Yong'an Well

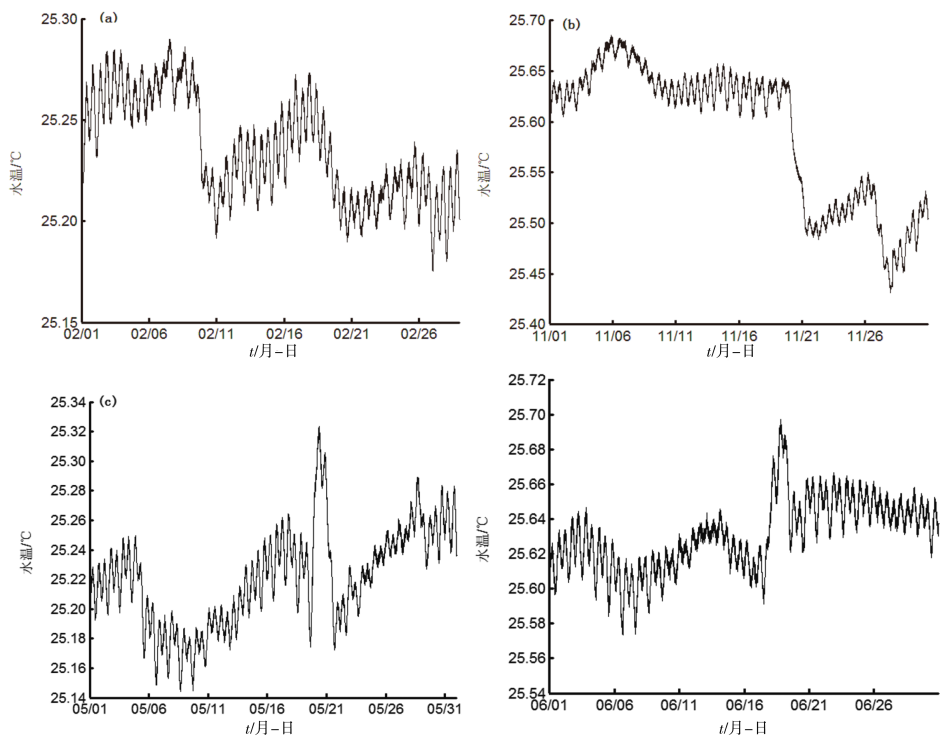
序号	干扰起止时间/(年-月-日:h)	变化类型	水温变化幅度/℃	降雨量/mm
1	2014-02-09:15—2014-02-10:00	下降	0.0478	39.4
2	2014-04-23:17—2014-04-24:11	下降	0.0872	72.7
3	2014-05-05:00—2014-05-02:18	下降	0.0645	40.5
4	2014-06-06:02—2014-06-07:10	下降	0.0729	17.4
5	2014-07-24:04—2014-07-25:01	下降	0.1350	24.0
6	2015-01-13:14—2015-01-15:22	下降	0.0759	42.0
7	2015-05-19:16—2015-05-20:08	上升	0.1406	126.1
8	2015-07-03:14—2015-07-03:22	上升	0.0703	67.8
9	2015-09-20:11—2015-09-21:10	下降	0.0952	72.6
10	2016-06-17:20—2016-06-18:19	上升	0.0664	41.3
11	2016-07-09:18—2016-07-10:19	下降	0.0859	107.9
12	2016-11-20:00—2016-11-21:11	下降	0.1443	105.3
13	2016-11-26:07—2016-11-28:00	下降	0.1110	80.8

(1)水温短时间内下降变化类型(图 7(a)(b)). 对于此种显现分析认为是随着地表雨水下渗, 由于该井套管埋深较浅, 导致浅层低温水水头升高, 进入到永安井的浅层低温水比例增大, 高温水所占比例减小, 使得水温下降, 而井孔内含水层的水头压力基本不变, 所以水位没有明显的变化。

(2)水温短时间内快速上升变化类型 (图 7(c)(d)). 认为是由于该井受上游水库泄洪影响, 导致处于下游的该井含水层渗透率增大, 从而引起水

位快速上升, 使得该井水温探头处的水温梯度发生一定程度的改变, 而引起水温上升。

(3)水温的长趋势变化类型。对比了 2014—2017 年水位与水温的趋势变化动态, 发现两者呈现同步变化(图 8), 两者相关系数 $R=0.92$, 相关性很高。尤其是在 2015—2016 年该井水位由于受该地区降雨量的影响, 水位呈上升趋势, 水温也呈现出明显的趋势加速上升背景。杨竹转^[7]基于流体运动的控制方程和热传导方程, 应用最新版本



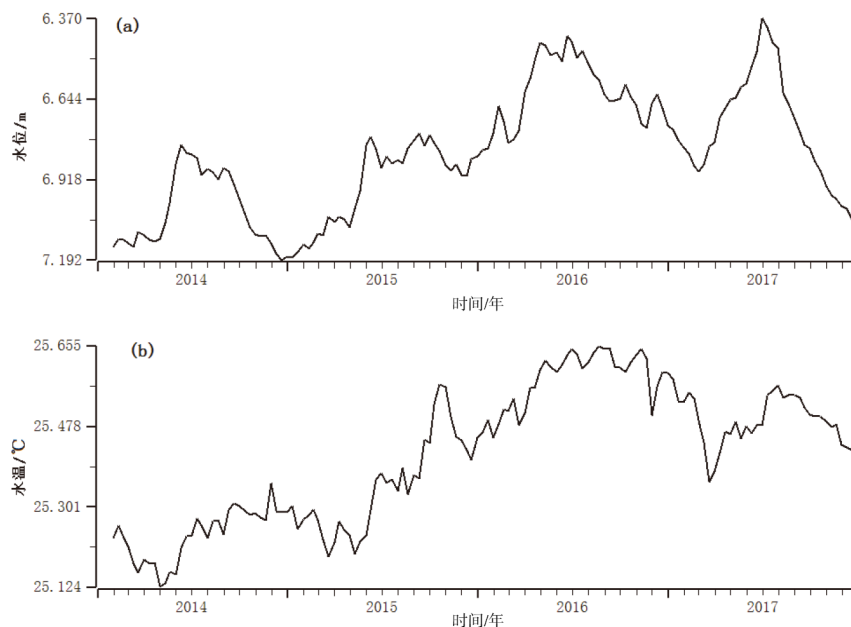
(a)2014 年 2 月永安井水温;(b)2016 年 11 月永安井水温;(c)2015 年 5 月永安井水温;(d)2016 年 6 月永安井水温

图 7 降雨对井水温的影响分析图

Fig.7 Analysis of the influence of rainfall on well water temperature

COMSOL Multiphysics 4.1 有限元分析软件,对塔院井水位、水温同震变化进行数值模拟研究,在同震水位上升或下降的情况下,认为井孔深处有水进入或流出,此时引起井孔中水位整体上升或下降,放在套管封闭区段内的温度探头探测到的上升或下降时水温梯度产生的原因。表明井孔水

位的变化,会引起井孔含水层孔隙压力的变化,从而引起水温梯度的变化。永安井水位在 2015—2016 年呈现上升趋势,而该井套管理深只有 6 m,含水层水头压力的变化导致孔隙压力的变化,使得该井水温探头处水温梯度发生一定程度的改变,从而使得水温变化升高。



(a) 永安井水位旬均值曲线图;(b)永安井水温旬均值曲线图

图 8 2014—2017 年永安井水位与水温旬均值变化曲线图

Fig.8 Curve of 10-day mean value change of water level and water temperature of Yong'an Well

4 结论和建议

(1)通过对永安井水位、水温数字化观测以来的资料分析,表明该井的水位、水温仪器记录资料是井中水体变化的真实反映,水温潮汐变化对水位变化的响应时间滞后约 2 h 左右,是受到水位变化的影响。

(2)该井水位主要干扰因素为降雨和上游水库泄洪的影响;水温主要干扰因素为降雨和上游泄洪的影响,且影响水温变化的形态机理各不相同。水位的趋势性变化会影响水温传感器所在处水温梯度的变化,从而引起水温的变化;降雨引起的水温变化是由于雨水的下渗,导致浅层低温水混入,高温水所占比例减小,从而导致水温下降;上游泄洪导致的水温变化是由于井一含水层渗透率的增大,引起水位升高,导致水温梯度的变化,从而引起水温升高。

(3)按照中华人民共和国地震行业标准 DB-T49-2012 中有关水温传感器放置深度的规定,应放置在水温梯度变化大、水温背景噪声低与水温

潮汐明显的区段。建议增加一个水温传感器,对该井水温测项进行同井对比观测,最终选择一处井孔裂隙发育、固体潮响应明显,受降雨和上游泄洪影响小的位置进行水温观测。

参考文献

- [1] 车用太,刘成龙,鱼金子.井水温度动态及其形成机制[J].地震,2008,28(4):20-28.
- [2] 谷元珠,车用太,鱼金子,等.塔院井水温动态研究[J].地震,2003,23(1):102-108.
- [3] 刘成龙,陶京玲,王志敏.太平庄井地下流体动态主要干扰因素研究[J].华北地震科学,2003,21(3):59-64.
- [4] 王俊,王行舟,缪鹏,等.皖 14 井水温响应机理浅析[J].华南地震,2019,39(2):71-78.
- [5] 秦双龙,廖丽霞,陈莹,等.永安井水位潮汐变化在闽台中强地震前兆特征中的分析研究[J].地震研究,2013,36(3):275-280.
- [6] 车用太,鱼金子,张大维.降雨对深井水位动态的影响[J].地震,1993,(4):9-10.
- [7] 杨竹转.地震引起的井水温变化及其机理研究[D].北京:中国地震局地质研究所,2011.