

王喜龙、贾晓东、王海燕等,2018,辽宁阜新井水温破年变与加速下降原因分析,中国地震,34(2),371~378.

辽宁阜新井水温破年变与加速下降原因分析

王喜龙 贾晓东 王海燕 李彤霞 付聪
孔祥瑞 张琪 翟丽娜

辽宁省地震局,沈阳市皇姑区黄河北大街44号110034

摘要 阜新井水温于2015年8月出现破年变变化,至2016年3月水温出现加速下降现象,最大降幅达 $7.2\% \text{ } ^\circ\text{C}$,距水温井约16m处的体应变井辅助水位亦出现同步下降变化。通过对水温井观测系统、区域地质特征和周边环境等进行调查发现,水温井东北约1km处的新打深水井大量抽水可能是造成水温及水位下降变化的原因。将新井抽水时间与阜新井水温及其他前兆观测项观测数据进行对比分析,结果显示水温、体应变和钻孔水位等数据的变化与新打井在成因、空间、时间和强度上都存在明显的相关性。故阜新井水温及辅助水位同步变化为附近新井抽水干扰所致,排除为地震前兆异常的可能。

关键词: 破年变 水温下降 邻井抽水 相关性 阜新井

[文章编号] 1001-4683(2018)02-0371-08 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

地下流体是地壳中最活跃的介质,当它形成具有一定封闭条件的承压系统时,就能够客观、灵敏地反映地壳应力、应变信息(杨竹转等,2014)。其中,地下流体中水温的变化是利用短临异常预测地震发生时间的一项重要指标,微小的水温变化有可能反映地震孕育过程或其他地壳构造活动所引起的热状态的变化(田华等,1994;刘耀炜等,2006;张彬等,2014)。刘耀炜等(2008)通过对云南宁洱6.4级地震前云南地区群体性水温异常进行分析认为,群体性前兆异常有利于识别震前异常并提出地震预测意见;何案华等(2012)通过对青海地区两口水温观测井的异常分析认为,水温异常对判断未来发震时间有着重要的意义。但是,并非所有的地下水异常变化都与地震孕育或其他地壳构造活动有关,地下水观测井的水温变化也常常受到降雨、河流流量、地下水开采等水文因素的干扰(黄辅琼等,2005;王旭升等,2010;孙小龙等,2013)。近年来,我国随着经济建设和城市化进程的飞速发展,对资源的需求量也日益增加,尤其是地下水资源超采现象日益严重,开采层位也越来越深。因此,地下水异常变化(水温和水位)既可能是区域构造活动作用的结果,也可能是水文因素的干扰所致。因此,如何有效地识别地下水异常的原因,是当前利用地下流体资料进行地震预测的关

[收稿日期] 2016-12-14; [修订日期] 2017-03-10

[项目类别] 中国地震局地震监测预报经常性项目“流体观测高频异常提取及指标构建探索——概率密度”(17C07ZX022)与“郯庐断裂带构造地球化学流动观测——辽宁地区”(17C07ZX020)共同资助

[作者简介] 王喜龙,男,1988年生,工程师,主要从事地震地下流体研究及地震预报研究。E-mail:546737333@qq.com

键科学问题之一。

阜新水温观测井水温观测数据自2015年8月开始出现破年变下降变化,至2016年3月开始出现加速下降(图1)。该水温井位于辽-蒙交界地区,周边断裂构造发育,历史上曾发生过多中强地震,如2003年内蒙古巴林左旗 M_s 5.9地震、2004年内蒙东乌珠 M_s 5.9地震和2013年内蒙古科尔沁 M_s 5.3等中强地震均发生在周边一定区域内,造成了一些人员伤亡和经济损失。那么阜新井水温数据破年变加速下降变化究竟与区域构造活动有关,还是由该地区地下水文因素的干扰所致?笔者对此进行了现场落实与分析。

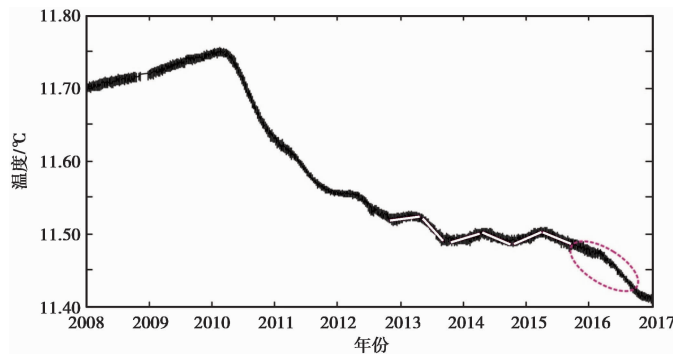


图1 阜新井水温整点值

1 阜新井构造环境与水温异常特征

阜新水温观测井位于阜新市松涛湖风景区东南阜新地震台前院(42.05°N , 121.60°E)。辖区地处辽西半干旱低山丘陵区,年均降雨量为450~550mm,降雨主要集中在每年7~9月,地表水系属季节河流。该井区域上位于阴山EW向构造带与新华夏系构造带交接部位阜新隆起地区的阜新断裂盆地北部,北西为努鲁尔虎山余脉,东南为医巫闾山及阜新盆地,附近主要断裂有北部的赤峰-开原断裂、西部的朝阳-北票断裂和东部的医巫闾山西侧断裂(图2)。区内岩石主要以侏罗系上统和侏罗纪侵入岩为主,零星分布有太古界和晚古生界侵入岩,沉积岩主要以砂岩、砾岩和页岩为主,台址周围出露有侏罗系上统吐呼鲁组岩浆岩。

阜新水温井目前观测测项包括水温(观测仪器:SZW-1A)、气氦(观测仪器:SD-3A)和水汞(观测仪器:RG-BS),体应变井位于水温井东约16m处,测项有体应变(观测仪器:TJ-II),辅助测项有钻孔温度(观测仪器:TJ-II)、水位(观测仪器:TJ-II)和气压(观测仪器:TJ-II)。水温观测井井深60.47m,水温探头放置在井下48.07m,观测水层为花岗岩裂隙水(图3)。该井于2002年1月开始正式观测,2005年9~12月阜新台进行了台站庭院改造,其间将原体应变观测井改造成流体观测专用井,2006年1月1日改造完成并恢复观测。2008年10月21日因数采故障造成水温数据中断,于2009年1月升级为“十五”数字化水温观测,采用SZW-1A型数字式温度计,产出的数据连续、可靠,观测资料完整率大于95%。

2010年5月阜新井水温曾出现趋势性转折下降变化,经现场异常核实,未发现环境干扰与仪器故障,因此确定为异常。2012年之后水温虽呈持续趋势性下降,但下降速率开始逐年减缓,并出现了具有年变规律的下降—转平—下降的动态变化,该年变规律持续至2015年8月17日,年变现象消失,水温出现破年变下降变化,至2016年3月28日开始出现加速下降

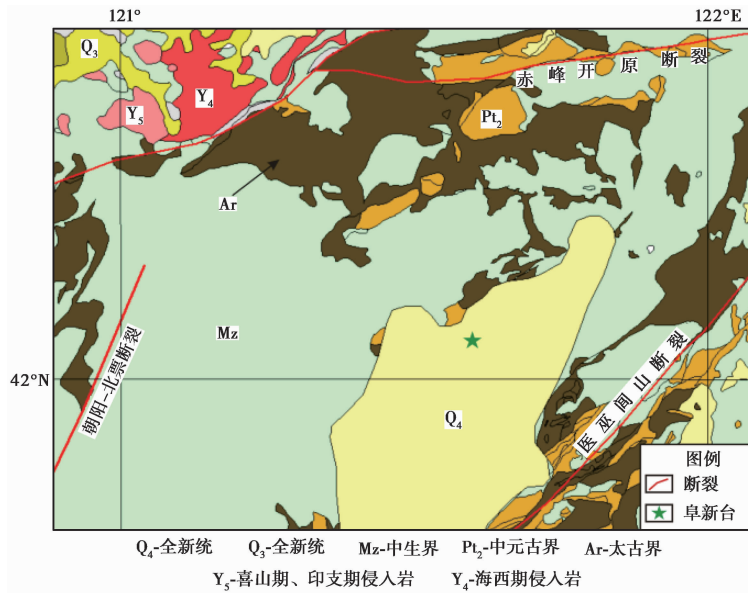


图 2 阜新地区地质构造

时代	深度 /m	柱状 1:200	厚度 /m	岩性描述
第四系	2.00		2.00	表土层
中生界	20.00		18.00	花岗岩 土黄色,风华较破碎,见石英、长石及少量暗色矿物
	25.00		5.00	花岗岩 肉红色,见石英及长石云母等矿物
	33.00		8.00	花岗岩 浅灰及肉红色,致密坚硬见石英、长石及云母等矿物
太古界	60.00		27.00	花岗片麻岩

图 3 阜新水温井井孔剖面图

变化(图 1)。

2 异常概况

阜新井水温测项自观测以来的资料显示,水温变化基本不受当地降雨、地表水灌溉和附近风景区水库蓄水的影响。基于台站工作人员对该井水温变化的初步调查结果,笔者对该井水温、水汞和气氡等观测资料进行了分析,并查阅相关水温异常变化资料,结合“水-热动力学关系”机制对该井水温加速下降现象分析后认为,造成这种变化的原因可能为井孔的“热”补给出现减少或“冷”补给出现增加。根据《地震前兆异常落实工作指南》(中国地震局监测预报司,2000)中关于水温异常的落实方法,本文从观测技术系统(观测仪器系统、供电系统和观测条件等)、自然环境(地下水、地表水、降水和偶然事件等)、人类活动(地下水开采、采矿活动和农田灌溉等)以及数据分析等几个方面对阜新井水温异常变化开展了进一步的深入调查核实和资料分析工作。

在调查核实工作中,仪器维修专家及台站工作人员通过对观测仪器的工作系统和供电系统等设备进行检查,判定观测技术系统运行正常,并未出现线路及系统故障等问题,排除了水温仪主机和电源等设备故障的可能。通过对阜新台周边地区一定范围内的走访调查发现,阜新水温井距最近矿山约为 15km,距铁路约为 12km,矿山开采及铁路修建等对水温数据基本无影响。此外,值得一提的是,水温井西北方向约 150m 处有 1 个小型水库,名为四合水库,但库水日常并不作为农田灌溉等用,主要供该区域风景区观赏使用。经调查得知,水库为建国初期所建,早于水温井打井时间,通过对阜新井周边一定范围内进行地质调查得知,四合水库周围主要地层为近 NE 走向、倾向 NW 的板岩,而阜新台水温井则位于一条呈 NE 走向的花岗岩脉上(图 4),观测井水为花岗岩裂隙水。阜新台在建井前后经过反复论证认为,水库对流体井观测并无影响,且自 2015 年 8 月以来,该水库也无抽水、放水等行为,水库水位亦无变化,因此,基本可排除水库对水温破年变加速下降的影响。

经调查得知,东北方向距阜新水温井约 1km 处有一个在建的综合性旅游项目,该项目于

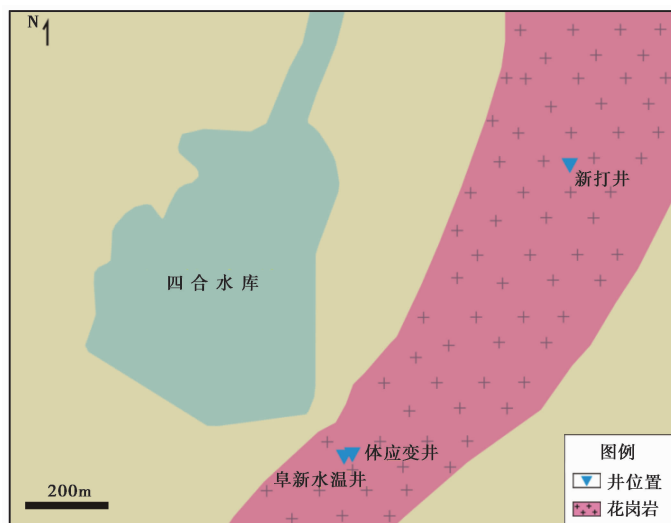


图 4 阜新台景区地质与环境示意图

2015年4月初正式奠基启动,主要包括水上乐园、滑雪场和度假山庄等3个项目。为保证水上乐园用水,开发商在2015年奠基仪式之后打了1口深水井,但在现场核实过程中我们未获得该井的详细资料,仅了解到该井井深约1800m,具体完井日期不详,2015年8月开始抽水,至2016年1月该井用于对新建池塘进行阶段性大规模蓄水。对比发现,2015年8月与2016年1月2次新井抽水时间与阜新井水温变化时间基本一致。此外,通过地质调查发现,水温井与新打井同时位于NE向的花岗岩脉上(图4)。那么水温变化是否由新井抽水干扰所致呢?对此笔者从气象条件、邻井数据对比、同井数据对比等方面进行了干扰分析。

3 异常分析与性质判定

车用太等(2011)对中国大陆地下水异常干扰特征进行了总结,提出了识别地下水干扰异常的4个“相关性”原则,即成因上的相关性、空间上的相关性、时间上的相关性与强度上的相关性。本文基于该4项原则从不同方面对阜新井水温异常变化进行分析与判定。

3.1 气象因素

收集了阜新市区2012~2016年历年8月份的最高气温与最低气温数据(数据来自中国气象局历史天气网)(图5)。由图5可见,将2015年8月份的最高、最低气温分别与其它4年8月份的进行比较发现,温度波动幅度与变化特征基本相似,未出现显著异常变化,因此,基本排除气温对水温变化造成的干扰。

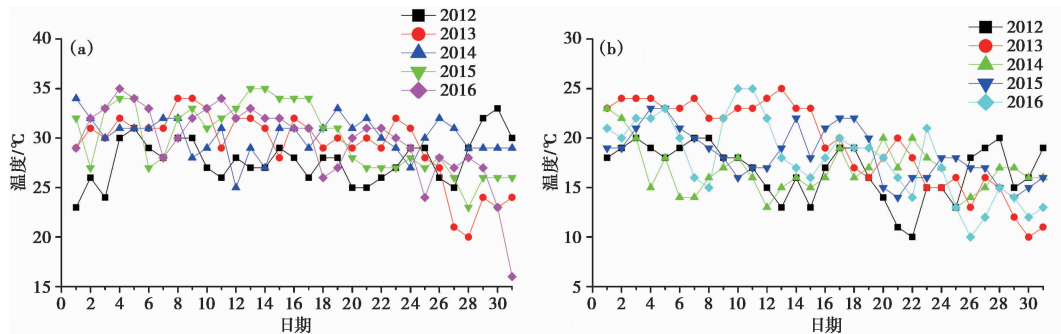


图5 阜新地区2012~2016年间8月份每天的最高(a)、最低(b)气温变化

3.2 邻井及同井观测数据对比

3.2.1 邻井数据对比

水温井东、距其约16m处有1口体应变观测井,井深亦为60m,体应变观测仪器置于井底,钻孔辅助水位探头放置在井下22.8m处,该井孔围岩与水温井围岩一致,均为花岗岩,所观测水层亦为花岗岩裂隙水。由于2口井间距离较近且围岩同为花岗岩,前人从建井开始便对2口井进行过反复的调查与分析,结果显示,该地区地下水径流方向与该地区地形(东北高、西南低)基本一致,即地下水径流方向为由北东流向南西,2口井含水层相互连通(卢群等,2003)。

图6为阜新井体应变及辅助水位整点值,表1为阜新井水温、体应变及体应变辅助水位等发生转折的变化时间。由图6及表1可见,2014年9月之后体应变观测数据变化相对平稳,整体呈上升趋势变化,但2015年8月14日开始出现转折下降变化,至2015年11月

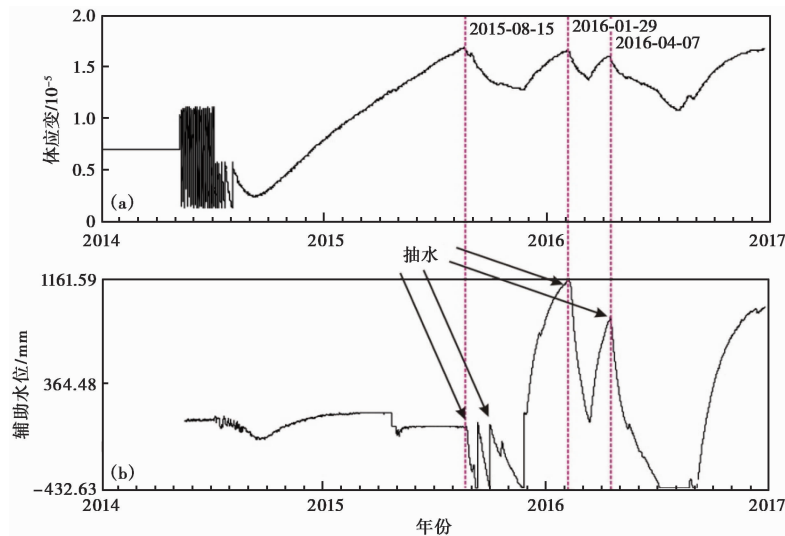


图 6 阜新井体应变(a)及辅助水位(b)整点值曲线

表 1 阜新井前兆测项变化时间表

测项	转折下降日期 (年-月-日)	转折上升日期 (年-月-日)	加速下降日期 (年-月-日)
水温	2016-08-17	—	2016-03-28
钻孔水位	2015-08-14	2015-09-01	
	2015-09-02	2015-09-21	
	2015-09-21	2015-11-16	—
	2016-01-28	2016-03-02	
	2016-04-05	(2016-06-24 至 2016-08-22 超限)	2016-08-23
体应变	2015-08-15	2015-11-20	
	2016-01-29	2016-03-02	—
	2016-04-07	2016-07-27	

20 日出现转折上升,2016 年 1 月 29 日再次出现转折下降,如此反复变化共有 3 次。辅助钻孔水位观测数据变化则更为明显,2015 年 8 月前水位变化相对较平稳,2015 年 8 月 14 日之后水位数据同样出现反复的上升-下降变化,且水位发生转折变化时间与体应变的变化时间基本一致。

3.2.2 同井数据对比

阜新流体观测井除进行水温观测外,还进行气氦、水汞观测。从水汞、气氦的变化曲线可见(图 7),自 2010 年以来该井水汞数据总体变化平稳,未出现上升、下降等异常变化;气氦观测数据虽经常因水管堵塞造成测值偏低,但整体上仍具有较好的夏低、冬高的年变规律。从 2015 年以来的水汞、气氦数据变化可见,2015 年 8 月新打井开始抽水后,水汞、气氦测项并未出现明显的异常变化,这可能与水汞、气氦观测泵的抽水量相对较小以及观测水层之间存在一定的关系,而 2016 年 1 月开始大规模抽水后,水汞、气氦数据几乎同时(2016 年

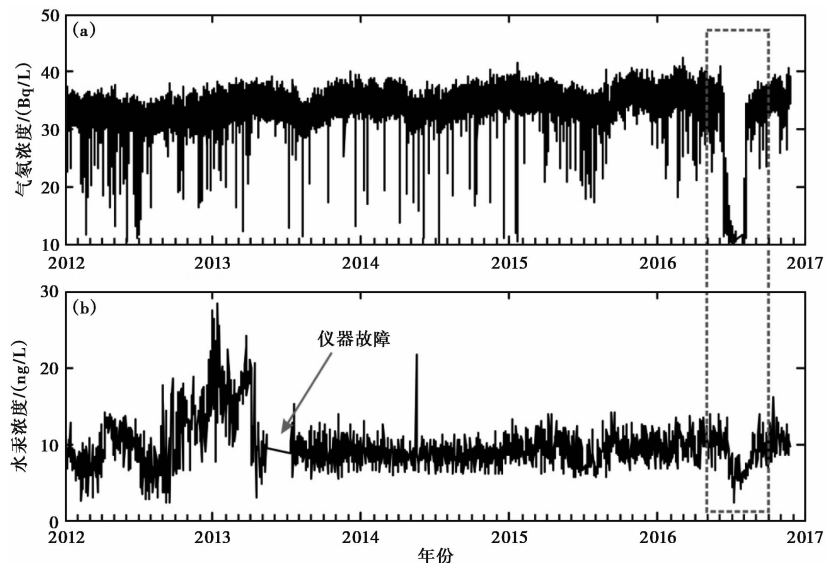


图 7 阜新井气氡(a)及水汞(b)日均值

6月6日)下降变化,对比水位数据可以看出,该时段体应变井水位已下降至超出观测限,说明大强度的抽水对水位观测造成了一定的影响。经过交涉,将新打井强制停止抽水后,水汞、气氡等测项数值2016年8月开始逐渐恢复,恢复时间正好与体应变及辅助水位出现转折恢复的时间相对应,这也进一步证明阜新井水温、体应变等前兆观测测项出现的异常为附近新井抽水的干扰。而对于水汞、气氡数据的下降变化时间滞后于阜新台水温、体应变和钻孔水位的变化时间,则可能与抽水量、观测仪器工作状态及观测方式等有关。

4 结论

综上所述,由于现场落实过程中未发现仪器观测系统造成的干扰,且对历年气温进行分析,未发现2015年8月的异常变化,故基本排除气象因素的干扰。通过对阜新水温井的同井、邻井各测项数据进行对比分析发现,阜新井水温、体应变和辅助钻孔水位数据变化与附近新打井在成因、空间、时间和强度上都明显存在相关性,因此,结合该区域地质特征认为,阜新井水温的变化为附近新打井抽水所致。

致谢: 在资料收集及论文写作过程中得到了阜新台有关人员的大力协助,在此表示感谢。

参考文献

- 车用太、鱼金子、刘成龙等,2011,判别地下水异常的干扰性与前兆性的原则及其应用实例,地震学报,33(6),800~808.
- 何案华、赵刚、刘成龙等,2012,青海玉树与德令哈地热观测井在汶川与玉树地震前的异常特征,地球物理学报,55(4),1261~1268.
- 黄辅琼、白长清、张晶等,2005,八宝山断层的变形行为与降雨及地下水的关系,地震学报,27(6),637~646.
- 刘耀炜、陈华静、车用太,2006,我国地震地下流体观测研究40年发展与展望.国际地震动态,(7),3~2.
- 刘耀炜、孙小龙、王世芹等,2008,井孔水温异常与2007年宁夏6.4级地震关系分析,地震研究,31(4),347~353.
- 卢群、殷为民、刘淑芹等,2003,辽宁省地震监测志,北京:地震出版社.

- 孙小龙,刘耀炜,马玉川等,2013,鲁豫交界地区深井水位持续大幅度下降原因分析,中国地震,29(1),132~141.
- 田华、仲阳、张之立,1994,白家疃地温异常变化与地震的对应关系,地震地磁观测与研究,15(3),9~14.
- 王旭升、王广才、董建楠,2010,断裂带地下水位的降雨动态模型及异常识别,地震学报,32(5),570~578.
- 杨竹转、邓志辉、杨贤和等,2014,2013年芦山 M_S 7.0地震和2008年汶川 M_S 8.0地震井水位同震变化的比较分析,地震地质,36(2),380~391.
- 张彬、方震、刘耀炜等,2014,云南地区水温异常与地震关系,地球科学-中国地质大学学报,39(12),880~1886.
- 中国地震局监测预报司,2000,地震前兆异常落实工作指南,北京:地震出版社.

Cause Analysis of the Downward Annual Variation of Water Temperature in Deep Wells in Liaoning Fuxin

*Wang Xilong Jia Xiaodong Wang Haiyan Li Tongxia Fu Cong Kong Xiangrui
Zhang Qi Zhai Lina*

Liaoning Earthquake Agency, Shenyang 110034, China

Abstract The annual variation of water temperature in the Fuxin well accelerated since August 2015, and the max amplitude was about $7.2\% \text{ } ^\circ\text{C}$. At the same time, the tricstrain well 15 meters from the water well also had descent variations for the water level. Checking with the observation system and analyzing the regional construction characteristics and surrounding environment, we find that there is a new deep well located in the northeast about 1km, which has continuous pumping that may lead to the decrease for water temperature and water level. Comparing the pumping time of the new well with the precursory data, we find that the water temperature, the volumetric strain and the water level have the correlation with the new well in terms of cause, spatial and temporal factors and signal intensities. These result shows that the changes of the temperature of the well and the water level of the volumetric strain well are not caused by tectonic stress of the earthquake preparation, but by the water pumping interference of the nearby new well.

Key words: Annual change; Water temperature dropping; Water pumping of the new well in the nearby; Correlation; Fuxin well