

韩晓雷, 哈里白, 戴 勇, 等. 通辽井水位和水温动态变化影响因素分析[J]. 华南地震, 2017, 37 (1): 49–53. [HAN Xiaolei, HA Libai, DAI Yong, et al. Analysis of Influencing Factors on the Dynamic Changes of the Water Level and Water Temperature in Tongliao Well[J]. South china journal of seismology, 2017, 37(1): 49–53.]

通辽井水位和水温动态变化影响因素分析

韩晓雷¹, 哈里白², 戴 勇¹, 魏建民¹

(1. 内蒙古自治区地震局, 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古电子信息职业技术学院, 呼和浩特 010070)

摘要: 结合区域地下水开采、降雨等资料, 对通辽井水位、水温的趋势和年变化影响因素进行了分析。同时, 利用水位 M_2 波潮汐因子分析和水温梯度试验及结果等, 证实了该井地下水类型为混合水, 区域地下水开采和降雨是水位和水温同向变化的主要影响因素。另外, 冷水下渗说更能合理地解释该井水位、水温的同步同向变化。

关键词: 水位和水温; 影响因素; 冷水下渗说; 通辽井

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2017) 01-0049-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.01.008

Analysis of Influencing Factors on the Dynamic Changes of the Water Level and Water Temperature in Tongliao Well

HAN Xiaolei¹, HA Libai², DAI Yong¹, WEI Jianming¹

(1. *Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010051, China;*

2. *Inner Mongolia Electronic Information Vocational Technical College, Hohhot 010020, China*)

Abstract: Based on the regional groundwater exploitation and rainfall data, the paper analyzes the trend of the water level and water temperature, and the annual influencing factors in Tongliao Well. At the same time, based on the water level M_2 wave tide factor analysis and temperature gradient test, the results show that: the groundwater types in the well is mixed water; the regional groundwater exploitation and rainfall are the main influencing factors of water level and water temperature changes in the same direction. In addition, cold water infiltration is more reasonable to explain the changes of water level and water temperature in the same direction.

Keywords: The water level and water temperature; Influencing factors; Cold water infiltration; Tongliao Well

收稿日期: 2016-02-26

基金项目: 2016 年度震情跟踪合同制定向重点工作任务资助项目(2016020305)

作者简介: 韩晓雷(1963-), 男, 工程师, 主要从事数据处理及信息网络维护。

E-mail: nmwlhxl@163.com.

通信作者: 哈里白(1981-), 内蒙古呼和浩特人, 讲师, 主要从事信息技术方面的教学和研究。

E-mail: 283871180@qq.com.

0 引言

水位水温观测一直以来是地震前兆监测的主要手段之一,尤其是“十五”数字化观测以来,高精度连续的水位和水温观测,为揭示井-含水层系统中有关流体的热动力学等方面的信息提供了可能。前人在水位水温影响因素、响应机理及动态特征的物理机制等方面取得了诸多成果^[1-9]。譬如,冷水下渗说、热弥散说和气体逸出说是目前解释水位、水温同步变化的主要机理。观测系统的稳定性、环境的干扰情况(补给和排泄等)以及气象因素(降雨和气压等)的影响,都会造成水位和水温反映构造应力的伪变化。通辽井水位 2011 年以来一直呈趋势下降状态,与此同时水温呈截然相反的趋势上漂。在这种趋势变化的背景下,水位和水温还存在一定年变。2014 年 4 月上旬至 9 月上旬,该井水位和水温出现准同步的快速下降,资料分析及各类震情会商将其准同步同向变化列为异常予以跟踪。通辽井水位和水温的这种变化是否由构造活动或其他因素引起?是否为地震前兆异常?为了进一步判定其动态变化影响因素和性质,本文结合区域水文地质条件、井孔基础资料、水温梯度试验、区域地下水开采和降雨等资料,分析了该井水位和水温动态变化的影响因素,从水位和水温同步动态变化机理上进行了阐述。

1 井孔基础资料

1.1 区域水文地质概况

通辽井地处松辽平原西南端的西辽河畔(通辽

市科尔沁区城区),海拔高度约 180 m,属西辽河冲积平原。该平原呈南西-北东向展布,地形宽阔低平,西南地形略高,东北地形略低,倾向北东。区内断裂构造发育,大致以北东-北北东和北西向断裂为主。受盆地基底构造的影响,本区地下水主要接收上游盆地周边地区地表水渗入地下后的水平径流侧向补给,水文网络发育。

1.2 井孔概况

通辽井原为 1984 年施工的水文地质勘探井,成井深度 247.7m。1985 年开始进行 SW-40 型地下水观测。2007 年 6 月“十五”数字化改造后,分别采用 LN-3A 数字水位仪观测水位(水位探头置于井下 17 m 处)、SZW-1A 型数字式温度计观测水温(水温探头置于井下 185 m 左右),同时增加了数字化气象三要素(降雨、气压、气温)观测,采样率均为分钟值。观测含水分别为 169.2~187.55 m 段和 195.7~247.7 m 段,为第三系砂岩孔隙水和玄武岩裂隙水。该孔井深 0~167.28 m 段为 127 mm 套管,井深 167.28~181.83 m 段为 127 mm 的滤水管,井深 187.93~247.7 m 段为 108 mm 的裸孔。

2 水位水温的影响因素分析

2.1 多年动态(趋势)变化影响因素分析

2011 年以来该井水位至今仍保持趋势下降变化(图 1a)。通过同期通辽市科尔沁区年降雨量与地下水超采动态变化统计结果看(表 1),地下水超采区面积和超采区地下水位平均埋深呈逐年增大的趋势。另外,水位多年动态变化(趋势下降)受地下水开采有关^[10]。

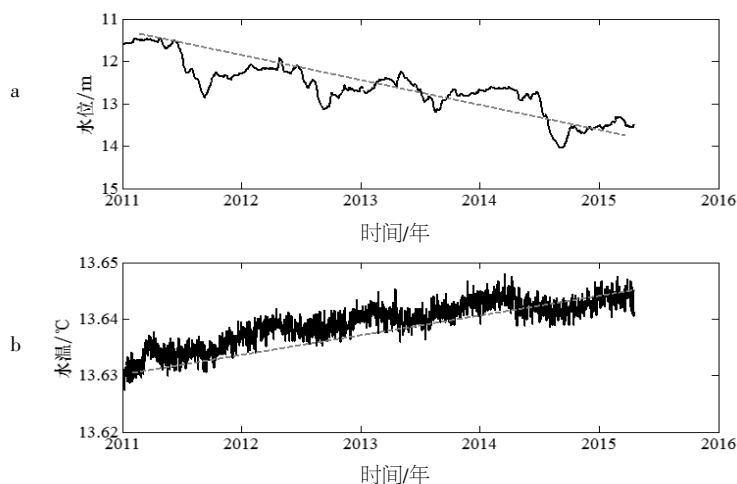


图 1 2011 年以来,通辽井水位 (a)、水温 (b) 原始日均值图

Fig.1 Daily mean value curves of water level and water temperature at Tongliao well since 2011

表 1 2011 年以来通辽市科尔沁区年降雨量与地下水超采动态变化统计表

年份	统计项目			
	年降雨量/mm	年降雨量与多年平均相比/±%	地下水超采区面积/km ²	超采区地下水位平均埋深/m
2011	274.7	-25.4	2 810	11.46
2012	452.2	+22.7	2 905	11.78
2013	419.4	+11.4	2 956	12.01
2014	342	-11.5	3 105	12.58

注：资料来源于通辽市水文局和中国气象科学数据共享服务等。

与此同时，该井水温自 2011 年以来，一直趋势上升。动态规律清晰，背景相对平稳，属于上升漂移型动态(图 1b)。对于水温多年上升漂移型动态的成因一般认为：一是大地热流值的微弱改变在水温上的反映；二是由于围岩在缓慢线性增加的应力场作用下，导致孔隙水上升引起观测点处温度的变化；三是认为仪器“零飘”引起的变化^[9]。通过对该井水位和水温的变化曲线对比，属于第三种情况的可能性较大（实际情况为水位趋势下降，同时水温趋势上升）。

2.2 年变化影响因素分析

将通辽水位日均值和水温旬均值曲线，进行去直线拟合(剔除长趋势变化)，同时结合区域降雨量进行分析发现(图 2)：① 水位、水温季节性变化明显，有较好的年变规律，都呈同步上升或下降变化。每年受地区季节性抽水和雨季(4~8 月份)的影响，水位出现波动性下降。9 月至次年 3

月，因雨季、地区季节性抽水结束，井水位处于自行调整恢复阶段，水位开始上升直至上升变缓。水温在水位整个年变过程中也呈类似变化。② 降雨量少时，水温也越低(譬如，2011 年和 2014 年)；降雨量多时，水温也越高(例如，2012 年和 2013 年)。

2.3 水位 M_2 波潮汐因子分析

流体观测井的固体潮响应变化在一定程度上能反映出井-含水层系统的承压性，即承压性越强，固体潮效应也愈明显，反之亦然。为进一步论证通辽井的承压性及是否受浅层水的影响，又分析了该井水位的潮汐响应特征。从水位的 M_2 波潮汐因子曲线可以看出(图 3)，水位 M_2 波潮汐因子值基本在 $0.12\text{ mm}/10^{-9}$ 上下波动，远小于承压井水位观测系统的最低灵敏度 $0.22\text{ mm}/10^{-9}$ ，这进一步确定该井易受浅层水影响(以混合水为主)，含水层中的水不完全是承压水所致^[11]。

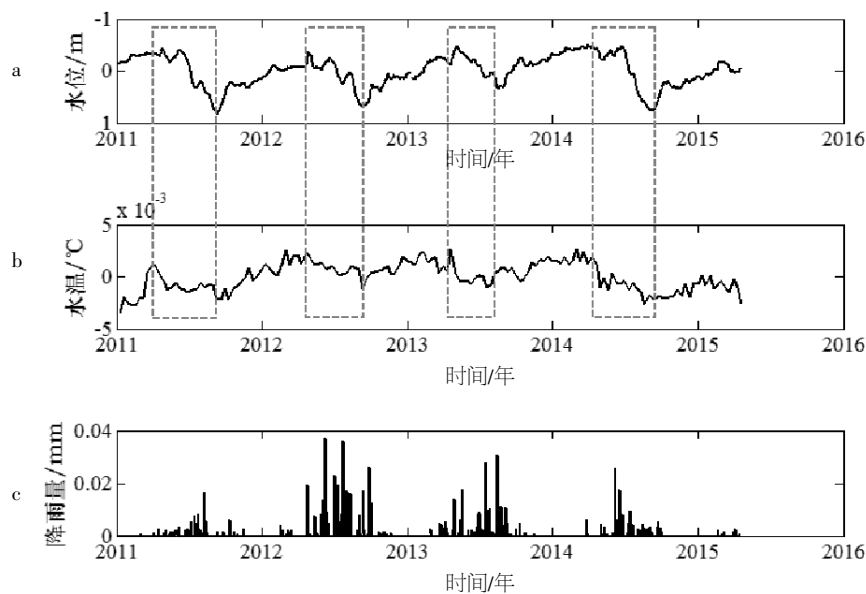


图 2 2011 年以来通辽井水位 (a)、水温 (b) 去直线拟合和区域降雨量 (c) 对比图

Fig.2 Contrast map of water level, water temperature and regional rainfall at Tongliao well since 2011

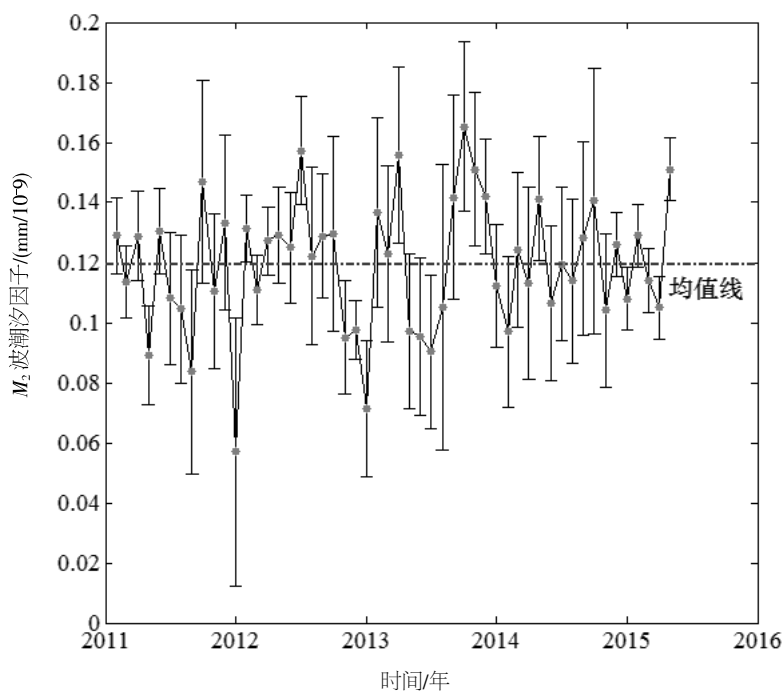


图 3 2011 年以来通辽井水位 M_2 波潮汐因子曲线

Fig.3 M_2 wave tide factor curve of water level at Tongliao well since 2011

3 水温梯度试验结果分析

依据该井 2001 年间隔 1m 的水温梯度测量结果和 2015 年间隔 10m 的水温梯度测量结果可以看出,两次水温梯度测量结果基本一致。

2001 年水温梯度测量结果表明:井下 30~50 m 深度段左右,水温由负梯度变为正梯度。说明井管可能由于长年受井水腐蚀,封闭性变差,该深度段内可能有潜水混入井孔所致^[6,8];2015 年水温梯度测量结果表明:水温由负梯度变为正梯度的深度范围在 55~85 m 左右。除了与这次水温梯度测量精度较低外,其原因也可能与井孔封闭性变差,该深度段内有潜水混入井孔有关;在井下 165~190 m 段(恰好位于 169.2~187.55m 含水层段内,且基本处于滤水管护壁段。水温探头就置于该含水层段内的 185 m 处,图 4 中红线所示位置),两次水温梯度测量结果都表明,该深度段水温梯度存在明显的线性度较差、封闭性不好的现象^[8]。另外,从两次水温梯度测量结果的差异性看,目前不同深度内的井水温度明显比 2001 年时的要高。其原因可能与水温仪存在零飘(测量值偏大)、两次水温梯度测量时间(大地地温变温带随季节变化特征有明显的差异等)的不同、区域大地热流值的变化等因素有关。

4 水位水温同步变化机理分析

通辽井所处区内断裂构造发育,这些断裂可能沟通了不同地层中的含水层,使井区的地下水之间具有良好的水力联系。前述对通辽井水位、水温的多年动态(趋势)和年变化影响因素分析,也佐证了这点。该井水位整体表现为:当区域降雨量增大时、地下水开采量减小时、周围浅井水位上升时,该井水位出现同步上升,反之亦然。地下水类型为混合水,区域地下水开采和降雨是水位变化的主要影响因素。

地下水的开采除了会直接影响地下水位的动态,还对井孔水温造成显著影响。这是因为,抽水可加速地下水的排泄过程,使水流在含水层内的流速、流量增大,流向改变,水位下降,从而破坏水温在“围岩-井-水”系统中的平衡,使水温测值发生变化。从前述两次井水温度梯度测量结果(2001 年和 2015 年)可以看出,在井下 55 m 左右和 169.2~187.55 m 段存在两个明显的含水层,且后者为水温观测含水层。第一个非观测含水层(井下 55 m 左右)以下水温呈正梯度变化(图 4)。2014 年区域降雨量偏少(枯水年),区域地下水开采量加大,由于水头压力差的存在,井孔内的水向含水层内流动(表现为水位下降),井孔上部冷水向下运移,造成水温测值降低。反之,丰水年

地下水开采量减小,对水温观测含水层扰动较小,使其保持与枯水年同期较高的水温。另外,季节

性抽水结束后,深层热水向井孔运移,在井水位自行调整恢复上升的同时,水温测值也升高。

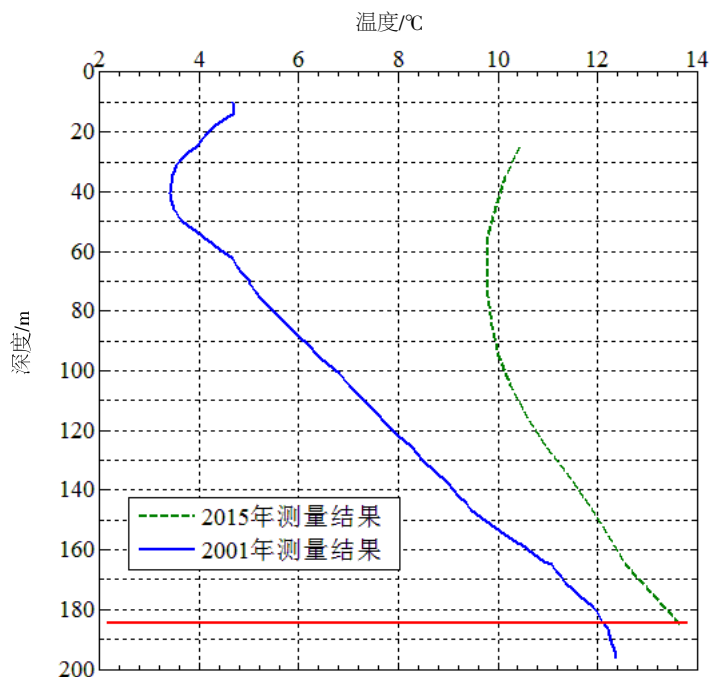


图4 通辽井水温梯度测量结果曲线

Fig.4 The water temperature gradient curves of Tongliao well

5 结语

通过对通辽井水位、水温的趋势和年变化影响因素分析,得出以下结论:

(1) 结合区域水文地质条件、井孔基础资料、水位 M_2 波潮汐因子分析、水温梯度试验、区域地下水开采和降雨等资料,分析认为:该井地下水类型为混合水,易受浅层水干扰,区域地下水开采和降雨是水位和水温同向变化的主要影响因素。

(2) 水位 M_2 波潮汐因子分析进一步确定该井易受浅层水影响(以混合水为主),含水层中的水不完全是承压水。

(3) 结合两次温度梯度测试结果,该井水位、水温的同步同向变化机理与冷水下渗说更符合。

(4) 鉴于该井水温多年来一直趋势上升,这很可能由仪器“零飘”引起的变化。今后应定期对温度计石英测温探头进行定标,解决水温长期动态的漂移问题。

参考文献:

[1] 鱼金子,车用太,刘五洲.井水温度微动态形成的水力学机制研究[J].地震,1997,17(4):389-396.

[2] 车用太,刘喜兰,姚宝树,等.首都圈地区井水温度的动态类型及其成因分析[J].地震地质,2003,25(3):403-420.

[3] 车用太,刘成龙,鱼金子.井水温度微动态及其形成机制[J].地震,2008,28(4):20-28.

[4] 车用太,鱼金子.井水温度观测中有待解决的若干基本问题[J].中国地震,2013,29(3):306-315.

[5] 张子广,张素欣,李薇,等.昌黎井水温潮汐形成机理分析[J].地震,2007,27(3):34-40.

[6] 杨竹转,邓志辉,杨贤和,等.井孔水温动态变化的影响因素探讨[J].地震,2010,30(2):71-79.

[7] 盛艳蕊,张子广,张素欣,等.黄骅井水位水温同步反向变化成因分析[J].华北地震科学,2010,28(4):37-40.

[8] 张军,陶月潮,孙盼盼,等.安徽巢湖井数字化水温资料分析[J].地震研究,2011,34(2):131-135.

[9] 李仲巍,梁国经,郑双凤,等.抚松井水温动态特征分析[J].防灾减灾学报,2012,28(1):75-79.

[10] 黄维有,王立海,德力格尔.通辽CK-9井水位动态及影响因素的分析[J].东北地震研究,1996,12(1):55-60.

[11] 刘序俨,郑小菁,王林等.承压井水位观测系统对体应变的响应机制分析[J].地球物理学报,2009,28(1):3147-3157.