

腾冲地震台井水位受环境影响实验分析^{*}

段胜朝¹, 张立², 杨铭昌¹, 孙自刚¹

(1. 云南省地震局 腾冲地震台, 云南 腾冲 679100; 2. 云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 腾冲地震台井水位常年多次出现大幅快速升降异常变化, 考虑周边环境因素, 通过对闫家塘放水、蓄水过程中腾冲地震台井水位变化进行跟踪监测, 并结合观测井井水与闫家塘水水化学组分、氢氧稳定同位素等特征进行分析。结果表明: 腾冲地震台井水位大幅快速升降变化主要受闫家塘放水、蓄水影响。对腾冲地震台井水位在近震前出现的高水位异常与地震的相关性分析, 认为过量降雨的加载对该地区构造活动具有调制作用, 该井水位变化能够提供一定的地震前兆异常信息, 对台站附近地区的地下构造活动有一定的反映能力。

关键词: 腾冲台; 水位; 环境影响; 水化学; 地震前兆

中图分类号: P315.723

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2020)01-0109-09

0 引言

云南是一个多震区域, 进行地下水动态变化观测的台站也较多。大多数台站的地下水动态观测有可能会监测到地震前兆异常信息, 但常有较多的环境干扰因素混淆其中。因此, 如何及时排除干扰识别地震异常信息, 对于准确判断把握地震前兆异常信息是至关重要的(孙小龙等, 2016)。一般在识别地下水动态的干扰分析中, 主要把握“四个相关性”, 即成因、空间、时间及强度的相关性(车用太等, 2011)。通过这些相关性的分析, 可以定性定量地认识地壳浅层观测井水位、水温等物理观测量受环境等外界因素的影响。

近年来, 许多学者结合水物理和水化学方法, 广泛开展了地下水异常等分析研究工作(张磊等, 2014; 张涛等, 2016; 方震等, 2016; 胡小静等, 2018), 取得较多研究成果。本文利用云南腾冲地震台的地下水动态观测资料, 应用水物理方法和水化学方法相结合的实验分析方法, 对多年的观测资料变化进行了分析研究, 探讨其异常变化的原因。

1 井孔概况及环境影响

腾冲地震台(以下简称“腾冲台”)流体观测井位于腾冲县城东南郊腾越镇董库村地震台内, 距离城区约3 km。井孔位于NE向大盈江断裂与SN向怒江断裂交汇处(图1a), 处于腾冲盆地东侧近山麓地带, 盆地属熔岩盆地堆积地貌类型, 东山区为近代火山岩分布区, 属火山穹丘地貌类型, 火山呈近南北向线状排列。该井成井于1999年, 井深120 m, 非自流井, 属静水位观测。井壁套管下至井下60 m, 直径为160 mm。包网滤水管在井下60~117 m, 直径为108 mm, 水位埋深为5.8 m左右, 水的矿化度为255.44 mg/L, 观测水层为第四系英安岩、安山岩及熔结凝灰岩沙层, 地下水类型属裂隙水(图1b), 水化学类型为 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$, Mg^{2+} 型。

距观测井的直线距离约100 m处(图2)有天然出露的2个低温温泉——大、小闫家塘, 表面积分别为7 990 m²和5 099 m², 储水量分别为8 500 m³和6 200 m³。每年1—4月, 大、小闫家塘均会由村民进行放水捕鱼、蓄水供游泳等。水位观测日志记录显示闫家塘的放水、蓄水均引起了腾冲流体观测井井水位的大幅度下降、上升变化。

^{*} 收稿日期: 2019-04-11.

基金项目: 云南省地震局科技人员“传帮带”项目(C2-201702)资助.

此大的变化。查阅腾冲台前兆观测日志和工作日志重大事项记载发现，每次腾冲台水位出现大幅升降变化时，都对应闫家塘放水、蓄水记录。结合腾冲台井水位变化情况，笔者认为腾冲台流体

表 1 腾冲台水位大幅快速升降异常变化记录表
Tab. 1 Records of abnormal changes of water level at the Tengchong seismic station in a large and rapid manner

年份	开始下降日期	结束下降日期	降幅/cm	开始上升日期	结束上升日期	升幅/cm
2008	2 月 2 日	2 月 6 日	33.8	2 月 6 日	2 月 12 日	25.6
2008	2 月 18 日	2 月 20 日	32.5	2 月 20 日	2 月 24 日	31.0
2009	1 月 19 日	1 月 22 日	60.4	1 月 22 日	2 月 2 日	50.2
2010	2 月 8 日	2 月 11 日	63.6	2 月 11 日	2 月 26 日	59.3
2010	3 月 13 日	3 月 24 日	43.1	3 月 24 日	4 月 1 日	43.2
2011	1 月 28 日	2 月 1 日	72.3	2 月 1 日	2 月 11 日	69.3
2012	1 月 18 日	1 月 23 日	32.2	2 月 1 日	2 月 6 日	28.8
2013	2 月 4 日	2 月 10 日	39.4	2 月 23 日	3 月 3 日	34.5
2014	1 月 25 日	1 月 30 日	68.9	1 月 30 日	2 月 12 日	58.7
2015	2 月 13 日	2 月 17 日	75.5	2 月 18 日	2 月 25 日	41.1
2015	4 月 1 日	4 月 11 日	56.7	4 月 11 日	4 月 18 日	56.2
2016	2 月 2 日	2 月 7 日	44.6	2 月 7 日	2 月 20 日	37.1
2016	3 月 23 日	3 月 27 日	35.4	3 月 27 日	4 月 2 日	31.9
2017	1 月 22 日	1 月 27 日	68.8	1 月 27 日	2 月 5 日	66.1
2017	2 月 18 日	2 月 22 日	24.6	6 月 12 日	6 月 19 日	34.0
2018	2 月 9 日	2 月 15 日	71.0	2 月 15 日	2 月 25 日	65.7

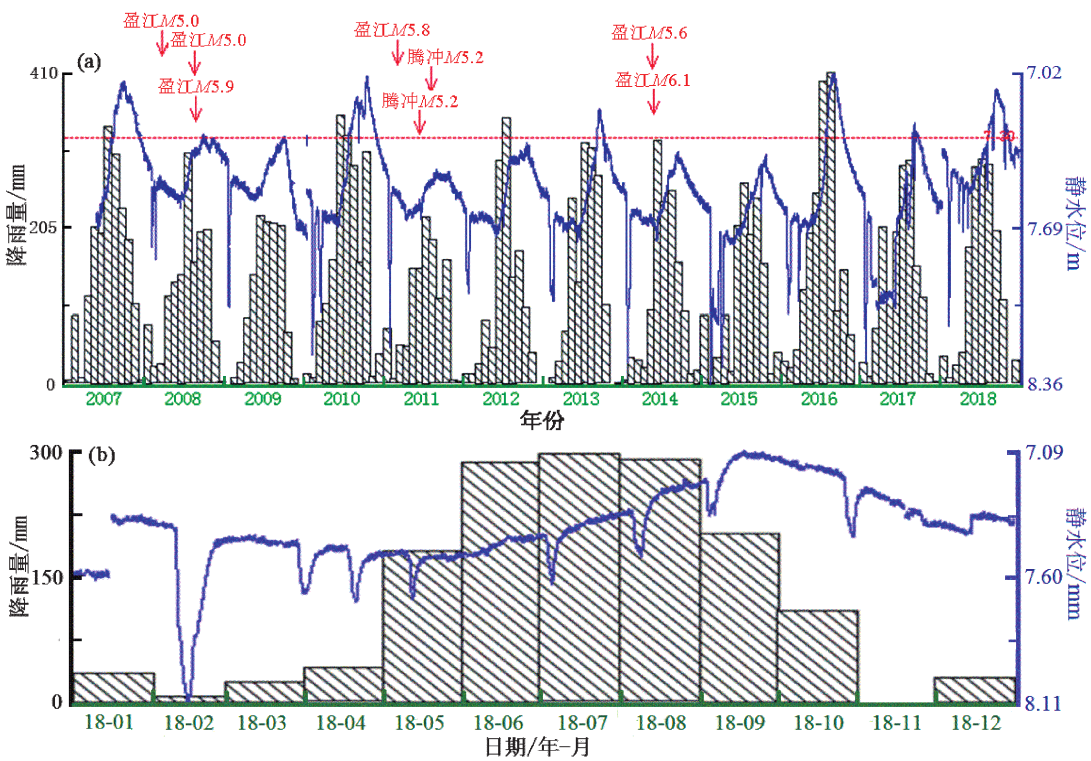


图 3 2007—2018 年 (a)、2018 年 (b) 腾冲台水位与降雨量对比图
Fig. 3 Comparison of water level and rainfall at the Tengchong seismic station

观测井距闫家塘较近，井水位每次大幅快速升降异常变化的时间与闫家塘蓄水、放水的时间基本同步，井水位升降变化的幅度与闫家塘的放水量密切相关。因此，初步判断腾冲台井水位大幅快速升降异常变化是由闫家塘放水、蓄水引起的，井水位变化受闫家塘水位升降变化干扰的可能性较大。

3 环境影响实验及相关分析

3.1 实验数据分析

为进一步探究闫家塘放水、蓄水对腾冲台井

水位的影响，笔者在 2018 年 2 月闫家塘放水、蓄水过程中对闫家塘水位下降—上升变化进行了实时跟踪监测（表 2，图 4），每小时记录一次闫家塘水位变化。从 2 月 9 日 20 时 26 分开始监测，到 2 月 10 日 23 时 10 分测试完成，并下载腾冲台井水位同步变化数据，共获得 3 组实验数据，记录数据显示：

（1）大闫家塘 2018 年 2 月 9 日 20 时 26 分开始放水，水位起始基值记为 0 cm。2 月 10 日 11 时水位下降至 110 cm，放水量与水塘底部泉眼出水

量达到动态平衡，水位不再下降，放水过程

表 2 闫家塘放水水位及腾冲台井水位变化记录

Tab. 2 Yanjiatang discharge water level and Tengchong seismic station well water level change records

时间	闫家塘水位/cm			腾冲台井水位/m		
	大闫家塘	小闫家塘	大、小闫家塘水位	井水位	井水位基值	井水位变化量
2018-02-09 20 时	0	0	0	7.418	7.418	0
2018-02-09 21 时	15.6	0	15.6	7.425	7.418	0.7
2018-02-09 22 时	21.2	0	21.2	7.434	7.418	1.6
2018-02-09 23 时	43.1	0	43.1	7.442	7.418	2.4
2018-02-10 00 时	62	0	62	7.458	7.418	4
2018-02-10 01 时	76.4	0	76.4	7.474	7.418	5.6
2018-02-10 02 时	85.6	0	85.6	7.493	7.418	7.5
2018-02-10 03 时	91.8	0	91.8	7.509	7.418	9.1
2018-02-10 04 时	99.4	0	99.4	7.526	7.418	10.8
2018-02-10 05 时	101.5	7	108.5	7.542	7.418	12.4
2018-02-10 06 时	102.9	13.8	116.7	7.559	7.418	14.1
2018-02-10 07 时	104.1	24.5	128.6	7.579	7.418	16.1
2018-02-10 08 时	105.2	43.4	148.6	7.597	7.418	17.9
2018-02-10 09 时	106.4	65.1	171.5	7.617	7.418	19.9
2018-02-10 10 时	108	86.2	194.2	7.631	7.418	21.3
2018-02-10 11 时	110	102.8	212.8	7.648	7.418	23
2018-02-10 12 时	109.8	114.9	224.7	7.659	7.418	24.1
2018-02-10 13 时	110.1	121.5	231.6	7.67	7.418	25.2
2018-02-10 14 时	109.6	123	232.6	7.685	7.418	26.7
2018-02-10 15 时	109.8	123.3	233.1	7.702	7.418	28.4
2018-02-10 16 时	109.3	123.5	232.8	7.721	7.418	30.3
2018-02-10 17 时	109.5	123.8	233.3	7.74	7.418	32.2
2018-02-10 18 时	109.1	124	233.1	7.757	7.418	33.9
2018-02-10 19 时	108.9	124.1	233	7.77	7.418	35.2
2018-02-10 20 时	—	123.8	—	7.782	7.418	36.4
2018-02-10 21 时	—	123.9	—	7.794	7.418	37.6
2018-02-10 22 时	—	123.6	—	7.801	7.418	38.3
2018-02-10 23 时	—	123.4	—	7.806	7.418	38.8
2018-02-10 23 时	—	123.3	—	7.809	7.418	39.1

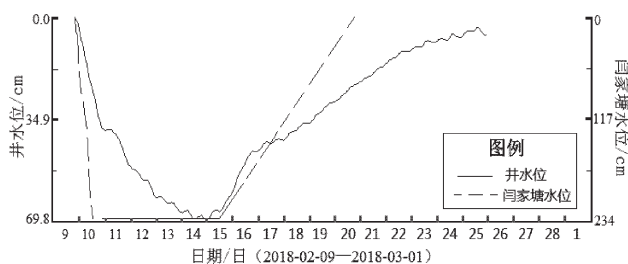


图4 腾冲台井水位与闫家塘放水、蓄水过程水位变化

Fig. 4 Well water level changes at the Tengchong seismic station and Yanjiatang discharge water storage process

历时约15 h。2月15日12时开始蓄水，2月16日11时蓄满水，蓄水过程历时约23 h。

(2) 小闫家塘2018年2月10日4时开始放水，水位起始基值记为0.0 cm。2月10日18时水位下降至124.0 cm，放水量与水塘底部泉眼出水量达到动态平衡，水位不再下降，放水过程历时约14 h。2月19日8时开始蓄水，2月20日19时蓄满水，蓄水过程历时约33 h。

3.2 相关性分析

将闫家塘放水、蓄水过程中水位升降变化与腾冲台井水位变化情况（图4）进行对比分析，结果显示腾冲台水位2月9日20时32分开始快速下降与大闫家塘开始放水时间实际相差6 min，表现为两者准同步下降。腾冲台水位2月15日12时快速大幅上升过程又与大闫家塘开始蓄水时间是同步的。实验结果表明闫家塘放水、蓄水过程与腾冲台水位大幅快速升降异常变化在成因、时间、空间、强度都具有较好的相关性：

(1) 从图5a可以看到，2月9日21时至2月10日4时大闫家塘持续放水，其水位变化与井水位下降变化呈正相关，各散点均集中于一条直线附近。利用该时段水位数据进行回归计算，其相关系数 $r=0.9518$ ，回归方程为 $y=0.0891x$ （ y 为井水位变化， x 为闫家塘水位），二者显著相关，腾冲台井水位下降主要受大闫家塘放水影响致水位下降。

(2) 由图5b可以看出，2月9日5时至2月10日11时大、小闫家塘同时放水实验过程中，其水位

变化与井水位下降变化也呈明显的正相关，散点呈直线分布，利用该段水位数据进行回归计算，相关系数 $r=0.9654$ ，回归方程为 $y=0.1143x$ ，二者显著相关，腾冲台井水位下降主要受大、小闫家塘同时放水影响致水位下降。

(3) 由图5c可以看出，2月10日14时至18时大闫家塘放水已经到底，小闫家塘放水至接近

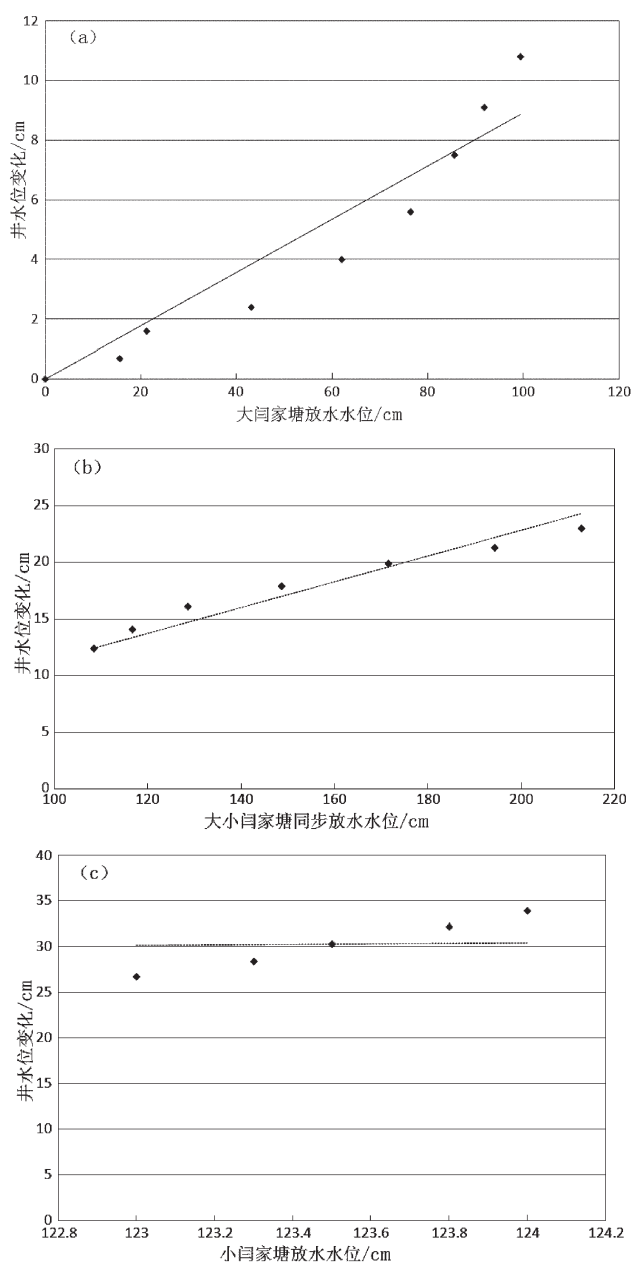


图5 大、小闫家塘放水水位与腾冲台井水位变化散点图

Fig. 5 Scatter diagram of the Yanjiatang drainage level and well water level changes of Tengchong station

水底实验过程中,其水位变化与井水位下降变化散点呈直线分布,利用该段水位数据进行回归计算,其相关系数 $r = 0.256\ 9$,回归方程为 $y = 0.245x$,二者相关不明显,表明闫家塘放水基本结束水位接近水底时的微升降变化对腾冲台井水位影响逐渐减小,不再起主导作用,此后腾冲台井水位继续下降,分析认为主要是闫家塘水体在腾冲台流体井地表周围形成水体载荷,闫家塘放水使井孔周边水体载荷压力逐渐得到释放,受闫家塘水体载荷卸载效应的影响逐渐增强,在闫家塘放水至水底后,水位变化对腾冲台井水位下降的影响变小,卸载效应逐渐成为腾冲台井水位下降的主控因素,直至卸载效应结束,腾冲台井水位结束下降,达到新的动态平衡。

4 水化学实验观测数据分析

4.1 采样与测试

为了跟踪分析大、小闫家塘水位变化与腾冲台井水位变化是否为同水源变化,笔者分别在腾冲台井,大、小闫家塘采用溢流法采集样品。样品容器使用由去离子水清洗干净的高密度聚乙烯细颈瓶,瓶盖为带螺旋的塑料盖,取样瓶容量为 50 mL。为了避免样品被污染,采样时用采水样清洗采样瓶 3 次,用瓶盖衬垫隔离水样与塑料盖,瓶口用封口膜缠紧与空气隔离。每个取样点同时取 2 份水样。

腾冲台井水位观测按规范于每月 15 日进行校测,2018 年 2 月 15 日校测相对误差 δ 满足观测规范要求,确认水位观测结果真实可靠。为了减小取样对水位观测造成的干扰,于水位校测后对腾冲台观测井进行了水样采集,2 月下旬对大、小闫家塘进行了水样采集。

样品的水化学项目在中国地震局地壳动力学重点实验室(地下流体动力学实验室单元)测定,分析设备为 ICS-2000 离子色谱仪。样品的氢氧同位素测试由核工业北京地质研究院分析测试中心完成,采用二氧化碳-水平衡法和锌还原法测定氧氢同位素,分析设备为 MAT-253,测试 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^2\text{H}$ 的精度分别为 $\pm 0.2\text{‰}$ 和 $\pm 1\text{‰}$,测试结果列于表 3 中。

表 3 水样水化分析及同位素数据
Tab. 3 Hydration analysis and isotope data of water samples

序号	离子	腾冲台流体观测井	大闫家塘	小闫家塘
1	$\text{Na}^+ / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	14.73	35.63	22.98
2	$\text{K}^+ / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	5.64	5.99	5.11
3	$\text{Mg}^{2+} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	12.87	16.42	13.69
4	$\text{Ca}^{2+} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	13.59	18.47	17.23
5	$\text{F}^- / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.07	0.41	0.14
6	$\text{Cl}^- / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	2.04	1.73	1.48
7	$\text{SO}_4^{2-} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.87	37.25	13.99
8	$\text{NO}_3^- / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	1.39	1.53	—
9	$\text{CO}_3^{2-} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	—	32.04	—
10	$\text{HCO}_3^- / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	173.93	139.28	185.02
11	$\delta^2\text{H} (\text{‰})$	-64.92	-64.12	-65.92
12	$\delta^{18}\text{O} (\text{‰})$	-9.37	-9.09	-9.48

4.2 水化学分析

判定地下水的水-岩相互作用程度,除了地下水中离子含量这个因素外,各离子在地下水中的百分含量也有较好的指示意义,用三线图分析地下水水质类型、成因及来源。

由表 3 可见,腾冲台流体观测井和大、小闫家塘 3 个水样除 HCO_3^- 离子显著高于其它离子外,其它各项离子含量差别不大,由图 6a 可见,腾冲流体观测井,大、小闫家塘 3 个水样的水化学类型均属于碳酸型水,分别为 $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 和 $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$,这主要是由于补给水体进入地下后,在径流过程中溶解了土壤中的 CO_2 造成的,代表了典型的大气降水与岩土之间的浅层反应。

$\text{Na} - \text{K} - \text{Mg}$ 三角图可以用来分析水-岩平衡状态和地下水循环深度等。由图 6b 可见,3 个点水样品均位于 Mg 端元未成熟水区域,表明地下水循环的过程中与围岩的反应时间较短,水-岩反应程度相对较低,水-岩之间尚未达到离子平衡状态,溶解作用仍在进行。也有可能是有大量的地表冷水混入,稀释了水中的离子含量。

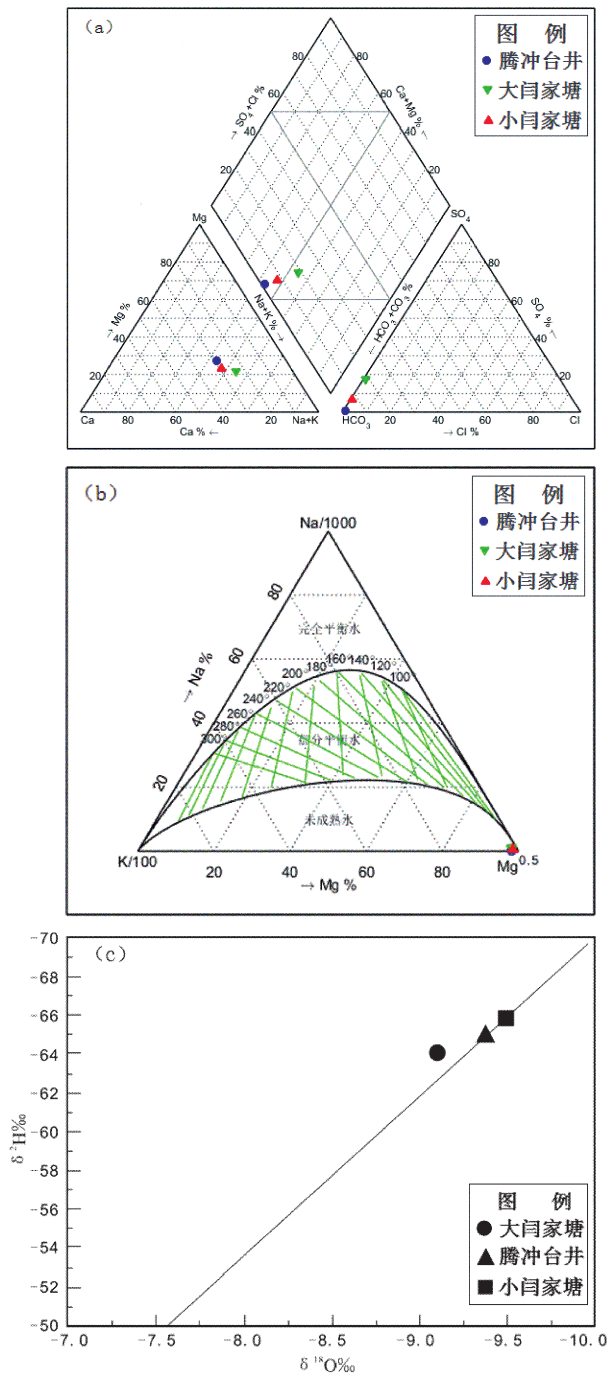


图6 水样的三线图 (a)、Na-K-Mg 三角图 (b) 以及氢氧同位素与 大气降水线关系图 (c)

Fig. 6 Water sample trigraph (a), Na-K-Mg triangle (b), water sample hydrogen-oxygen isotope relationship with precipitation line (c)

4.3 氢氧稳定同位素特征

对比水样的氢氧同位素组成与大气降水线, 结果可以说明测试样品的来源及相互转化关系。

为了贴合腾冲本地降水气候特征, 本文使用的是李广等 (2013) 在 Craig (1961) 研究中大气降水线的基础上经过修正得到的腾冲地区全年大气降水线, 其方程为:

$$\delta^2\text{H} = 8.18\delta^{18}\text{O} + 11.72 \quad (1)$$

式中: $\delta^2\text{H}$ 为氢同位素实测比值; $\delta^{18}\text{O}$ 为氧同位素实测比值。

腾冲台流体观测井, 大、小闫家塘水样的氢氧同位素组成与腾冲地区全年大气降水线对比由图 6c 可见, 腾冲台井水和小闫家塘水均在腾冲地区全年大气降水线上, 说明二者水来源于大气降水, 且循环路径短、周期小、水-岩相互作用微弱; 大闫家塘水样中测值偏大气降水线左侧, 表现为 $\delta^{18}\text{O}$ 贫化的特征, 表明大闫家塘水在运移过程中与周边 CO_2 发生了水-气相互作用, 说明其水源除大气降水外, 还有其它补给方式 (孙小龙等, 2016; 张磊等, 2016; 刘耀炜等, 2009)。

水化学离子浓度分析结果与氢氧同位素的分析结果基本一致, 3 个样品水与围岩介质之间水-岩相互作用较弱, 腾冲台井水和小闫家塘水来源于大气降水, 大闫家塘水源除大气降水外, 还有其它补给方式。

5 腾冲台井水位变化与地震关系分析

由图 3 可见, 腾冲台井水位异常映震的概率较高, 在 2008 年 8 月 21 日盈江 5.9 级地震、2011 年 3 月 10 日盈江 5.8 级地震、2011 年 6 月 20 日及 8 月 9 日腾冲 5.2 级双震和 2014 年 5 月 30 日盈江 6.1 级地震前都出现了高水位前兆现象, 震中距最近为 20 km, 最远为 97 km。腾冲台井水位在近震前出现了前兆异常, 表现为异常升高, 异常重复性较好。由上文分析可知, 腾冲台流体观测井水来自大气降水, 水位的升高主要是由大气降水增多引起的。赵洪声 (2006) 通过对 1966 年邢台 7.2 级大震和 1970 年通海 7.8 级大震水-震过程的分析以及 40 多年来云南涝旱剧变与 $M \geq 6.2$ 强震的相关研究得出, 地表水和地下水的大面积、大幅度涨落, 很可能是孕震区应变非线性增长并驱使孕震体进入不稳定状态乃至失稳的重要原因。

腾冲过量降雨的加载对该地区构造活动具有调制作用,降雨量超出正常变化水平后,腾冲台井水位会出现高水位异常变化,这种异常变化能够提供一定的地震前兆异常信息,反映台站附近地区的部分地下构造活动。

6 讨论及结论

本文对大、小闫家塘放水、蓄水过程与腾冲台井水位的变化的实验数据进行分析,证明两者有很好的相关性。闫家塘放水水位下降或蓄水位上升,都对腾冲台井水位的变化起到主要影响作用。

水化学离子浓度分析结果与氢氧同位素的分析结果表明,腾冲台流体观测井井水和小闫家塘水主要来源于大气降水,大闫家塘水来源除大气降水外,还有其它方式。

腾冲台井水位在近震前出现水位异常,表明该井水位变化能够提供一定的地震前兆异常信息,对台站附近地区的地下构造活动有反映。

实验表明大、小闫家塘的蓄放水过程对腾冲台水位井周围的地表也产生了一定的加卸载效应。闫家塘与腾冲井流体观测井直线距离约 100 m,在地质构造上具备较复杂的区域地质构造应力关系。大闫家塘储水量约为 $8\,500\text{ m}^3$,小闫家塘储水量约为 $6\,200\text{ m}^3$,按普通水的密度计算,大闫家塘水质质量约位 $8\,500\text{ t}$,小闫家塘水质质量约 $6\,200\text{ t}$,具有加卸载作用。

当闫家塘放水时,腾冲台井水位同步下降。但当放水结束后,闫家塘水体对腾冲井孔周围地表载荷降低,井孔周围的岩体孔隙有变化,井水位有持续下降的滞后过程。当周围环境达到基本平衡时,腾冲台井水位停止变化。当闫家塘蓄水时,产生与放水时相反的变化过程,腾冲台井水位同步上升,并有持续上升滞后并

达到平衡的过程。

根据实验数据及变化情况分析,可以得出腾冲台井水位受环境的影响是明显的,产生大幅快速升降变化是闫家塘放水、蓄水过程所产生的。因此,在使用腾冲井水位观测资料时要充分考虑受环境影响的具体原因,客观正确地分析观测资料的变化。

感谢中国地震台网中心田雷,云南省地震局预报研究中心高文斐、张翔在样品采集和测试过程中提供的帮助与技术指导;感谢审稿专家对本文提出的建设性意见。

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[J]. 地震学报,33(6):800-808.
- 方震,孙盼盼,李军辉,等. 2016. 2012 年 10 月后皖 27 井水位下降成因分析[J]. 地震,36(2):85-93.
- 胡小静,付虹,李利波,等. 2018. 云南江川渔村井地下水补给来源分析[J]. 地震研究,41(4):544-550.
- 李广,章新平,张新主,等. 2013. 云南腾冲地区大气降水中氢氧稳定同位素特征[J]. 长江流域资源与环境,22(11):1458-1465.
- 刘耀炜,任宏微,王博. 2009. 环境同位素及其示踪技术在地震预测研究中的应用前景[J]. 地学前缘,16(2):369-377.
- 孙小龙,刘耀炜,晏锐. 2013. 云南姚安井 2009 年 10 月后水位下降的成因分析[J]. 地震学报,35(3):410-420.
- 孙小龙,王广才,邵志刚,等. 2016. 海原断裂带土壤气与地下水地球化学特征研究[J]. 地学前缘,23(3):141-150.
- 张磊,刘耀炜,任宏微,等. 2016. 氢氧稳定同位素在地下水异常核实中的应用[J]. 地震地质,38(3):721-731.
- 张磊,刘耀炜,孙小龙,等. 2014. 基于水化学和物理方法的井水位异常分析[J]. 地震地质,36(2):513-522.
- 张涛,朱成英,高小其,等. 2016. 新疆伽师 55 井水位大幅异常实验分析[J]. 内陆地震,30(3):266-270.
- 赵洪声,张立,黄云宝. 2006. 论涝旱剧变与强震爆发[J]. 地震研究,29(1):21-24.
- Craig H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters [J]. Science, 133 (3465):1702-1703.

Experimental Analysis of Well Water Affected by Environment for the Tengchong Seismic Observation

DUAN Shengchao¹, ZHANG Li², YANG Mingchang¹, SUN Zigang¹

(1. *Tengchong Seismic Station, Yunnan Earthquake Agency, Tengchong 679100, Yunnan, China*)

(2. *Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

In this paper, the change of well water level in the Tengchong earthquake observation is scientifically and concretely analyzed and studied under the influence of surrounding environmental factors. The well water level of the Tengchong seismic station has many abnormal changes of large and fast rise and fall over these years. Through the experimental analysis of the changes in the water level of the Tengchong seismic station well affected by the water discharge and storage process of the Yanjiatang, we combined with the analysis of the hydrochemical composition and stable isotope of hydrogen and oxygen of well water in the Tengchong seismic station and Yanjiatang water. The results show that the large and rapid change of the well water level in the Tengchong seismic station is mainly affected by the water discharge and storage in Yanjiatang, and is the abnormal change caused by the water discharge and storage process in Yanjiatang. Based on the analysis of the abnormal water level of the Tengchong well water level before the near earthquake, it is considered that the loading of excessive rainfall in Tengchong has a modulating effect on the tectonic activity in this area, and the change of the well water level can provide certain earthquake precursor abnormal information and can reflect the underground tectonic activity in the area near the seismic station. When using the water level observation data of the Tengchong well, the factors affected by the environment should be fully considered, and the changes of the observation data should be objectively and correctly analyzed.

Keywords: Tengchong seismic observation wells; water level; the environmental impact; water chemistry; earthquake subsurface fluid precursor