

李军辉,裴红云,陈俊,等. 安徽霍山佛子岭水库宏观异常核实及分析[J]. 华南地震, 2022, 42(1): 15–22. [LI Junhui, PEI Hongyun, CHEN Jun, et al. Verification and Analysis of Macro Anomalis of Foziling Reservoir in Huoshan County, Anhui Province[J]. South China journal of seismology, 2022, 42(1): 15–22]

安徽霍山佛子岭水库宏观异常核实及分析

李军辉^{1,2}, 裴红云^{1,2}, 陈俊¹, 何康¹, 刘泽民¹

(1. 安徽省地震局, 合肥 230031; 2. 蒙城地球物理国家野外科学观测研究站, 合肥 230031)

摘要: 2021年5月22日, 青海玛多发生7.4级地震后, 5月24日, 安徽霍山县佛子岭水库水体出现大面积发白、发浑的宏观异常。通过介绍此次宏观的异常特征、核实过程及水样检测结果, 并对水库的水化学参数时空分布特征、气象因素及地震活动等影响的深入分析, 认为该宏观异常为地震前兆的可能性小。

关键词: 佛子岭水库; 宏观异常; 异常核实; 离子分析

中图分类号: P315.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2022)01-0015-08

DOI: 10.13512/j.hndz.2022.01.03

Verification and Analysis of Macro Anomalis of Foziling Reservoir in Huoshan County, Anhui Province

LI Junhui^{1,2}, PEI Hongyun^{1,2}, CHEN Jun¹, HE Kang¹, LIU Zemin¹

(1. Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China; 2. National Geophysical Observatory at Mengcheng, Hefei 230031, China)

Abstract: After the M_s 7.4 earthquake in Maduo, Qinghai On May 22nd, 2021, a large area of macroscopic anomalies of white and muddy water appeared in the water body of Foziling Reservoir in Huoshan County, Anhui Province on May 24th. This paper introduces the macroscopic abnormal characteristics, verification process and detection results of water sample, and analyzes the temporal and spatial distribution characteristics of water chemical parameters, meteorological factors and seismic activities of the reservoir in depth. It is considered that the macro anomaly is unlikely to be an earthquake precursor.

Keywords: Foziling Reservoir; Macro anomaly; Abnormal verification; Ion analysis

0 引言

人的感官能直接觉察到的地震前兆称为地震的宏观前兆, 简称宏观前兆。比较常见的有, 井

水陡涨陡落、变色变味、翻花冒泡、温度升降, 泉水流量的突然变化, 温泉水温的突然变化, 动物的习性异常, 临震前的地声和地光等^[1-3]。

宏观前兆在地震预报中具有重要的作用, 1975年辽宁海城7.3级地震和1976年松潘——平武

收稿日期: 2021-09-10

基金项目: 中国地震局震情跟踪面上课题(2021020303)

作者简介: 李军辉(1982-), 男, 工程师, 主要从事震磁观测研究。

E-mail: lijunhui_ah@163.com

7.2级地震前，曾观察到大量动物类的宏观异常现象，为这两次地震的成功预报提供了重要资料。此外，1976年唐山7.8级地震前，在河北、山东等地发现了几百起水的宏观异常，包括井水自流、泉水翻花冒泡、变黄变红等^[3]。不过也应当注意，上面所列举的多种宏观现象可能由多种原因造成，不一定是地震的预兆。例如：井水和泉水的涨落可能和降雨的多少有关，也可能受附近抽水、排水和施工的影响，井水的变色变味可能因污染引起，动物的异常表现可能与天气变化、疾病、外界刺激等有关^[4]。2008年汶川地震后，广东省地震局利用干扰因素排除，区域构造及流体动力学等对省内出现的两次流体宏观异常进行分析，排除了地震前兆的可能^[5]。

2021年5月22日，青海玛多发生7.4级地震后，5月24日，距离玛多地震震中约1500 km的霍山县地震局上报佛子岭水库出现大面积的发白、发浑，呈现类似肥皂水的变化，安徽省地震局及时组织专家多次前往现场核实，为判定该异常是否为前兆或震后效应异常，对水库水体进行了取样检测，化验其中的离子组分进行对比分析，本文主要介绍核实的过程及水样检测结果，供业务人员在今后的相关异常核实工作参考。

1 佛子岭水库宏观异常

1.1 佛子岭水库基础资料

佛子岭水库位于淮河支流淠河东源上游，坝址在安徽省霍山县城西南17 km处，漫水河、黄尾河径流入库，佛子岭水库上游两条支流各有一个水库磨子潭水库和白莲崖水库。佛子岭水库1954年竣工，控制流域面积1840 km²，总库容4.96亿 m³，水库呈“Y”型，分为东河、西河，库区植被为阔叶针叶混交林、竹林等，植被覆盖率90%以上。年均降雨量为1500 mm，水库生态条件优越，上游无工业污染，水质清新^[6]。

从地质构造上来看，佛子岭水库位于“霍山地震窗”内的两条断层的交汇部位，距离西北方向的响洪甸水库约32 km，距离梅山水库约53 km。该区域位于郯庐断裂带与商城—麻城断裂之间，构造较为复杂，从该区域的历史及现代地震的分布来看，地震活动主要沿NE向分布，与土地岭—落儿岭断裂的延伸方向一致^[7]，在土地岭—落儿岭断裂和青山—晓天断裂的交汇处，地震活动尤为集中(图1)。水库坝址区由变质岩、花岗岩和近代沉积岩组成，变质岩系为黑色石英岩和石英岩夹片岩，花岗岩多呈现规则的岩墙，穿插于变质岩系中。坝址区域岩石构造大致近乎东西向，无大断层，岩层向上游倾斜。花岗岩之间的变质岩，大多为黑色石英岩。

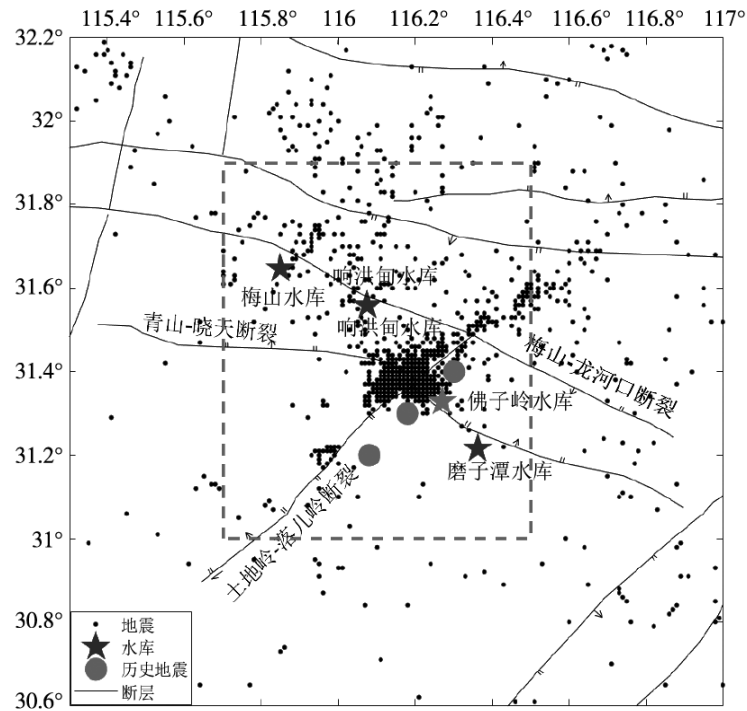


图1 佛子岭水库的地理位置及历史地震、断层分布

Fig.1 Geographical location of Foziling Reservoir and distribution of historical earthquakes and faults

1.2 宏观异常特征

2021年5月22日,青海发生玛多7.4级地震后,霍山县佛子岭水库在5月22日从水库大坝向上14 km水域水体都出现发白、浑浊的现象,24日达到峰值,25日减弱(图2左),村民称此前未发现

类似情况出现,6月1日至2日佛子岭水库泄洪放掉表层水后,变浑发白现象逐渐消失,恢复正常(图2右)。青海玛多地震震中距离佛子岭水库约1600 km,距离佛子岭水库较近的响洪甸和梅山水库未出现类似的变化,通过类比分析初步认为佛子岭水库的宏观现象不是玛多地震的远场效应。



图2 不同时段佛子岭水库大坝附近水体对比
Fig.2 Comparison of water bodies near the dam of Foziling Reservoir at different times

2 宏观异常核实过程

2.1 周边环境调研

由于水库环境周边山体复杂,很多地方无法到达,仅对水库大坝周边100 m范围内的地质环境

进行了走访调查,未发现有地表裂缝、塌陷坑、喷沙冒水等现象,周边农田、水塘未发现水体浑浊形象。

对水库上游和下游进行走访和调研,发现下游水体也有轻微的发白浑浊现象(图3)。磨子潭水库位于佛子岭水库的上游,主要由东河和黄尾河汇流形成。磨子潭水体颜色整体正常(图4)。



图3 佛子岭水库下游水体
Fig.3 Water bodies of downstream of Foziling Reservoir



图4 磨子潭水库水体
Fig.4 Water bodies of Mozitan Reservoir

2.2 取水样检测

现场对水库的水体进行了调研,发现水体无明显的异味,主要是坝体向上大范围出现大范围的水体发白、浑浊现场,5月25日和5月31日对不同区域的水体点进行了取样开展离子成分化验(图5),8月24日在图5中001号点的位置又进行取样。水样采集后及时送至华东冶金地质勘查局中心实验室进行检测, HCO_3^- 采用标准甲基橙指示剂滴定法,利用离子色谱法测定 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- , 它们的检出限分别为0.1、0.04和0.1 mg/L。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 等离子含量采用电感耦合等离子体发射光

谱法测定,其检出限分别为5、5、10、16和20 $\mu\text{g/L}$,阴阳离子的误差控制在10%以内。

3 水样检测结果分析

3.1 空间对比分析

研究表明 Ca^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 等8种离子在水库广泛存在,且含量最高,很大程度上决定了水体的水化学特征,通常岩溶水中 Ca^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 离子主要来源于岩溶作用,形成岩溶水体的优势离子^[8]。

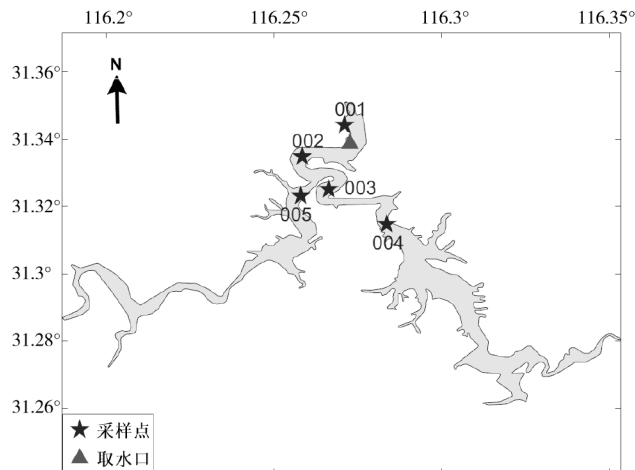


图5 佛子岭水库取样点位及取水口位置

Fig.5 Sampling points and water intake location of Foziling Reservoir

本次对佛子岭水库的5个点(图5)在2021年5月25日和5月31日两个时段取水样进行离子含量等相关参数检测,检测结果如表1和图6所示。从2次水样的化验的结果对比来看:①PH值结果:5月25日的取样结果显示佛子岭水库整体PH值都在9以上,整体偏碱性,5月31日5个点的PH值在8以下,在正常范围内,5点位中5月31日的 HCO_3^- 的含量比5月25的含量均高2倍左右, CO_3^{2-} 的含量5月25日较好,5月31日几乎未检出,这与PH的结果是一致的。②水样的阴阳离子三角图主要反映水库主要成分的变化,在不同时段的5个点位的阳离子中, Ca^{2+} 离子所占的比重都是最高的,达到60%, Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 离子都在20%以下;在阴离子中, HCO_3^- 所占的比重最高,达到90%左右, SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 都在20%以下(图6),这说明,

佛子岭水库水化学类型是 $\text{Ca}^{2+}\text{HCO}_3^-$ 型,这两种离子的浓度与岩溶作用强度有密切的关系,显示了碳酸盐的溶蚀-沉淀过程对佛子岭水库水化学特征有控制作用。③研究表明, Cl^- 是保守元素,在地表水循环中也相对稳定,一般认为 Cl^- 主要来自海洋离子,但也会受到人类活动的影响,海水中 Cl^-/Na^+ 的比值为1.17^[9],如果受到大气降雨的影响, Cl^-/Na^+ 应该接近1.17,而佛子岭水库中 Cl^-/Na^+ 的平均值为0.48,要远小于大气降水和人类活动来源的比值,这说明佛子岭水库受到其它来源的 Na^+ 离子的干扰,在佛子岭水库的上游广泛分布硅酸盐岩石,其风化过程中产生 Na^+ 离子,而不产生 Cl^- ,从而影响水体中 Cl^-/Na^+ 的比值。④其它参数,如总矿化度、总碱度、总硬度等参数变化大体一致(表1)。

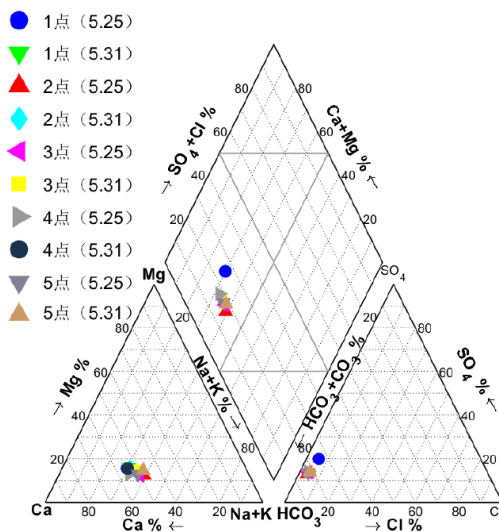


图6 佛子岭水库不同点位离子参数对比

Fig.6 Comparison of ion parameters at different sites in Foziling Reservoir

表1 佛子岭水库不同时段5个点位水样参数

Table 1 Water sample parameters at 5 points in different periods of the Foziling Reservoir

测项	点1		点2		点3		点4		点5	
	05-25	05-31	05-25	05-31	05-25	05-31	05-25	05-31	05-25	05-31
PH值	9.15	7.81	9.28	7.71	9.42	7.85	9.35	7.8	9.55	7.85
Na ⁺ /(mg·L ⁻¹)	3.36	3.99	6.38	4.03	5.58	5.01	4.69	3.90	5.36	5.55
K ⁺ /(mg·L ⁻¹)	0.97	1.05	1.12	1.09	1.22	1.11	1.01	1.13	0.96	1.24
Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	7.95	8.90	9.25	8.93	9.20	8.88	9.62	9.03	8.95	8.58
Mg ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	2.27	2.65	2.38	2.67	2.29	2.66	2.30	2.59	2.27	2.64
Fe ³⁺ /(mg·L ⁻¹)	0.051	0.056	0.063	0.044	0.024	0.043	0.053	0.11	0.028	0.029
Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	2.15	2.35	2.12	2.37	2.09	2.35	2.06	2.31	2.12	2.37
SO ₄ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	7.46	6.86	7.39	6.96	7.34	7.01	7.49	7.23	7.28	7.07
HCO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	12.0	40.0	24.0	40.0	28.0	38.4	28.0	40.0	20.0	38.4
CO ₃ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	15.8	/	23.6	/	15.8	3.15	15.8	/	23.6	3.15
NO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	1.97	3.15	1.89	3.30	1.76	3.07	1.64	2.95	1.86	3.26
NO ₂ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	0.55	0.83	0.53	0.90	0.51	0.82	0.54	0.82	0.53	0.82
总矿化度	48.5	49.8	66.7	50.3	59.8	53.3	59.2	50.1	63.0	53.9
总碱度	23.0	32.8	39.4	32.8	36.1	31.5	36.1	32.8	36.1	31.5
总硬度	29.3	33.3	33.0	33.5	32.4	33.3	33.6	33.4	31.8	32.5
可溶性SiO ₂	10.9	11.3	11.3	11.7	11.2	11.4	11.2	11.2	11.3	11.9
溶解固形物	128	148	164	50	456	60	44	96	212	110
备注	“/”表示未检出；离子测项单位均为mg/L									

3.2 时间对比分析

对点1分别在5月25、5月31、8月24日进行了三次取水样开展检测,结果显示:在不同时段离子含量检测中,三个时段的离子对比发现,PH值正常时段的HCO₃⁻含量是异常时段的3倍多,异常时段的CO₃²⁻含量最高,其它时段未检出,其它离子含量大致相当,无明显的异常(表2)。

Na-K-Mg三角图解被用来评价水-岩平衡状态和区分不同类型的水样。图7为2021年3个不同时段佛子岭水库的Na-K-Mg三角图,图中曲线为矿物平衡饱和线,发现水样的Na-K-Mg离子含量均落在Mg端元附近(图7),说明佛子岭水库的水为“未饱和水”,二者循环周期相对较快,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^[10]。

表2 佛子岭水库点1不同时段离子参数对比

Table 2 Comparison of ion parameters at different sites in Foziling Reservoir

测项	05-25	05-31	08-24
PH值	9.15	7.81	7.91
Na ⁺ /(mg·L ⁻¹)	3.36	3.99	4.65
K ⁺ /(mg·L ⁻¹)	0.97	1.05	1.23
Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	7.95	8.90	6.95
Mg ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	2.27	2.65	2.01
Fe ³⁺ /(mg·L ⁻¹)	0.051	0.056	0.035
Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	2.15	2.35	2.23
SO ₄ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	7.46	6.86	5.98
HCO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	12.0	40.0	34.1
CO ₃ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	15.8	/	/
NO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	1.97	3.15	2.75
NO ₂ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	0.55	0.83	0.42

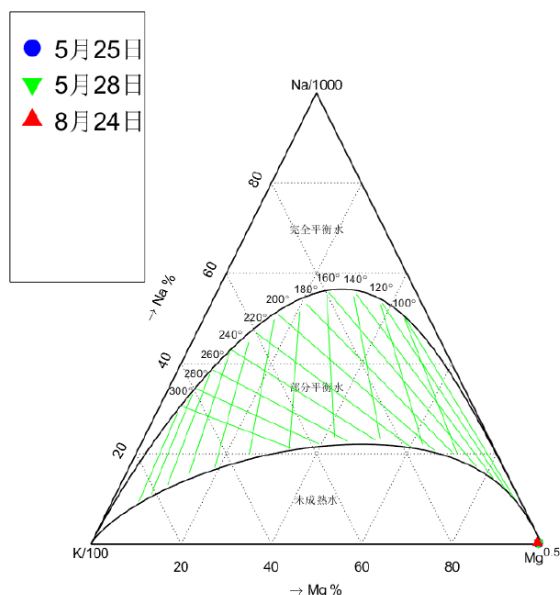


图7 水库水Na-K-Mg三角图

Fig.7 Triangular diagrams of the Na-K-Mg

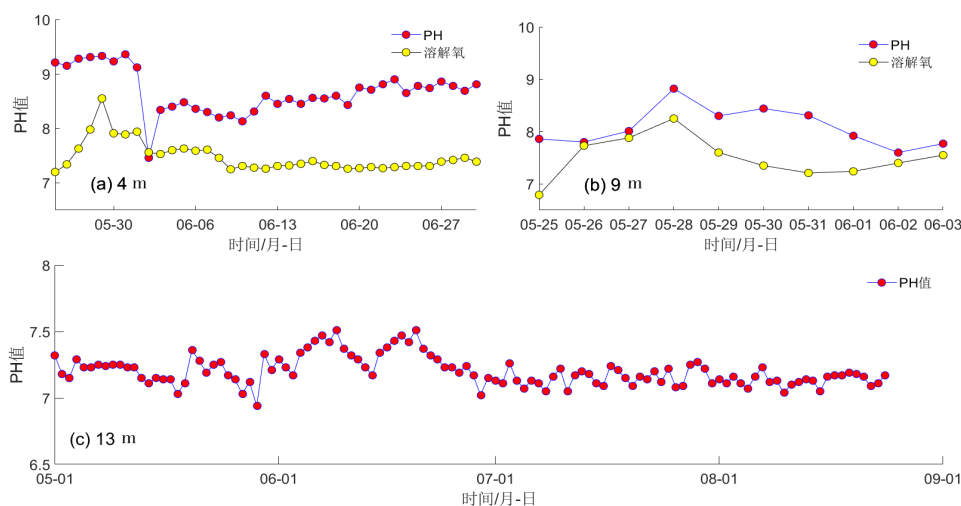


图8 取水口不同深度PH及溶解氧的变化

Fig.8 Changes of PH and dissolved oxygen at different depths at the intake of Foziling Reservoir

3.4 气象因素影响

近年来由于气候等原因,降雨集中且强度大,引起山洪、在库区茂密的植被条件下,强大的地表径流将大量的有机质带入水库,可引起水体的营养的积累^[1]。本文收集了水库地区的2017年以来的气温、气压及降雨数据(图9),结果显示:2017年以来,该区域的气温、气压、降雨量数据呈现正常的年变动态(图9a、b、c),未出现明显的突变;2021年5月1至31的气象三要素的变化也呈现正常的变化(图9d、e),5月10-15有明显的降雨过程,与5月24日水库的的发挥发白现象存

3.3 取水口不同深度PH对比

为进一步动态监测佛子岭水库数据的变化,霍山自来水厂自5月25日开始每日在水库大坝上游约1 km的取水口(图5三角形)分别取4 m、9 m、13 m的水样进行分析,检验的结果显示:水下4 m的PH值自5月25日开始都大于9,呈现碱性的变化,6月1-2日,水库放水后,PH值回归正常变化,溶解氧的含量无明显的趋势性变化(图8a);水下的9 m的PH值在8附近波动变化,溶解氧的变化也无明显的突变(图8b);5月1日至8月24日,取水口水深13 m的PH值变化较为稳定,均在7~7.5之间波动变化,未出现PH值大于8的变化(图8c)。因此,认为佛子岭水库水体的异常来自地下的构造活动的可能性较小,不是地震前兆异常。

在较大的时间差(图9f),分析认为降雨引起该异常的可能性较小。

3.5 区域地震活动分析

佛子岭水库位于“霍山地震窗”范围内,该震情窗位于大别山隆起块体与华北块体接触带的北大别山沉降带的南缘,是秦岭一大别造山带与郯庐断裂带的交汇部位,构造较为特殊,在传统的震情窗研究中,一般利用小震得活动频次来判定震情形势,并以此为基础统计震情窗与地震的关联,取得了一定的效果^[2]。2019年10月1日至2021年8月20日的“霍山窗”1.0级以上的地震的

日频次结果显示：2021年5月24日前，地震窗内地震活动未出现明显的增强变化，水库宏观异常出现3个月后，区域地震活动也未出现明显的增强变化(图10)，因此可以认为该异常为地震前兆的可能性很小。

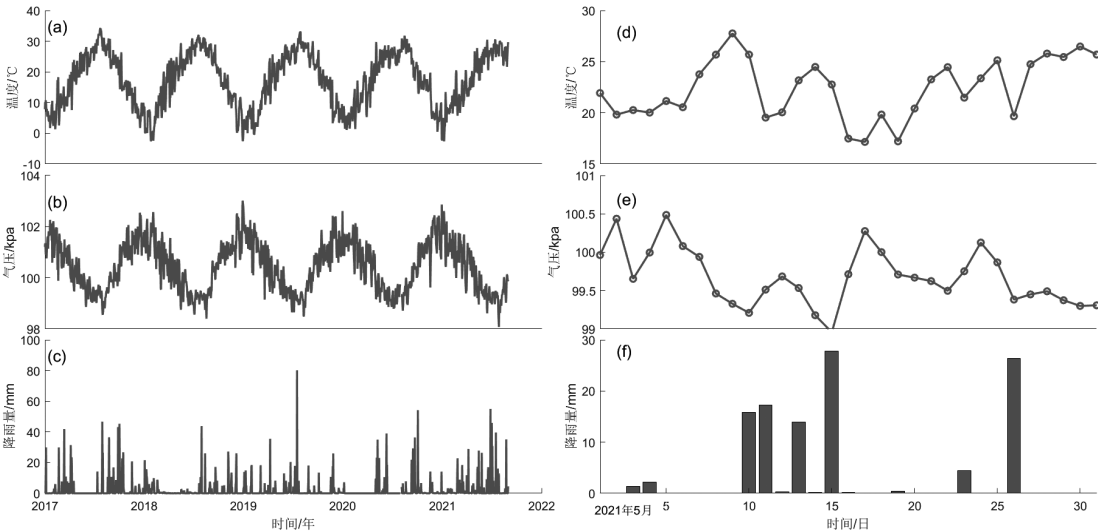


图9 佛子岭水库区域气象三要素的变化曲线
Fig.9 Variation curve of three meteorological elements in Foziling Reservoir

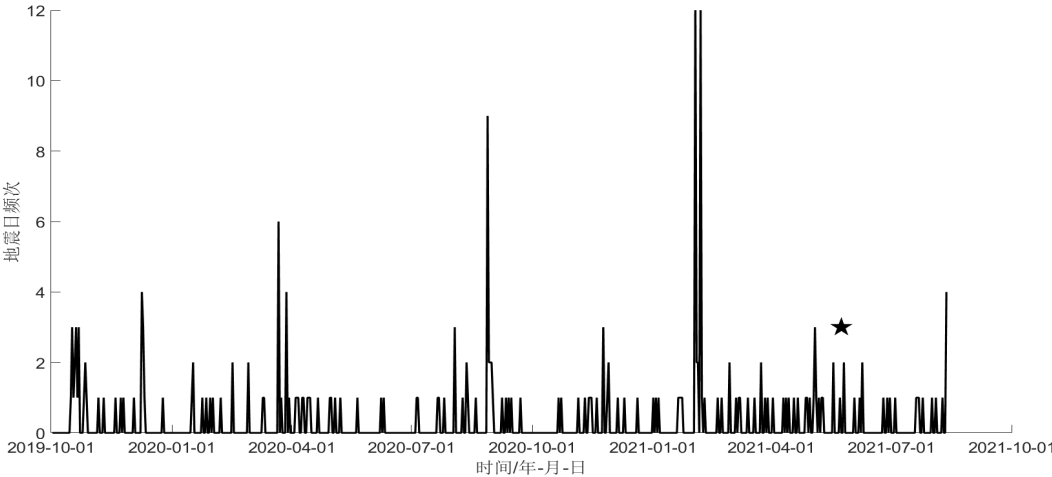


图10 霍山窗1.0级以上地震日频次统计
Fig.10 Statistics of daily frequency of earthquakes with $M \geq 1.0$ at “Huoshan seismic Window”

4 认识与讨论

通过对安徽霍山佛子岭水库水体5.24日出现的大面积的发白、发浑的宏观异常，通过对水体开展水化学、气象要素等的深入研究，总结异常核实和分析的过程，得到如下认识：

(1)对于水库大面积的水体宏观异常，5月25日的检测结果显示，5个点的PH值均大于9，呈现碱性。

(2)佛子岭水库5个点位不同时段的水体取样检测

结果显示：佛子岭水库水化学类型是Ca-HCO₃型，这两种离子的浓度与岩溶作用强度有密切的关系，显示了碳酸盐的溶蚀-沉淀过程对佛子岭水库水化学特征有控制作用。两个时段的水体离子含量中，除HCO₃⁻的含量变化较大外，其它离子及参数大体相当。

(3)通过对取水口不同深度水体的PH值连续观测显示：5月1日至8月24日13 m深的水体PH值在7~7.5正常波动变化；5月25至6月2日4 m深的水体PH值均大于9，水库6月1日开闸放水后，PH下降到正常水平，认为此宏观异常来自地下深

部的可能性不大。

(4)通过与气象要素及区域地震活动的对比分析,也排除了与宏观异常的相关性。

综上所述,认为2021年5月24日霍山佛子岭水库出现的大面积发白发浑的宏观异常为地震前兆的可能性较小。

参考文献

- [1] 朱自强,陈华静,郑大林,等. 地下流体宏观异常变化中气体作用初探[J]. 地震,2002,22(4):67-73.
- [2] 车用太,王广才,刘成龙,等. 2002年四川凉山州地区大规模宏观异常及其分析[J]. 四川地震,2003,27(3):14-19.
- [3] 车用太,鲍振刚. 地震前的宏观异常现象[J]. 城市与减灾,2003(3):15-18.
- [4] 孔凯. 地震宏观异常现象甄别[J]. 中国科技纵横,2015(10):220-220.

- [5] 陈大庆,杨马陵,何璟琳,等. 广东省两次流体宏观异常的落实[J]. 华南地震,2009,19(4):46-53.
- [6] 万光意,汪海洋,程圣国. 佛子岭水库水质下降原因及对策[J]. 现代农业科技,2011(15):336-336.
- [7] 姚大全,张杰,沈小七. 安徽霍山地区断层活动习性研究的新进展[J]. 地球物理学进展,2006,21(3):776-782.
- [8] White W B. Geomorphology and hydrology of karst terrains [M]. New York: Oxford University Press, USA, 1988.
- [9] 张陶,蒲俊兵,李建鸿,等. 漓江干流水体主要离子化学变化特征及影响因素[J]. 广西科学,2018,25(5):532-543.
- [10] 王欣,漆继红,许模,等. Na-K-Mg三角图修正与Na-K温标选取[J]. 煤田地质与勘探,2019,47(2):121-128.
- [11] 田华祥,刘昌利. 佛子岭水库水质理化监测与生物监测研究[J]. 环境科学导刊,2012(2):52-55.
- [12] 缪鹏,王行舟,洪德全,等. “霍山震情窗”动力学背景及预测意义分析[J]. 中国地震,2014,30(4):534-542.