

# 兰州地区环境污染对五泉山水化学动态影响的初步研究

潘树新, 陈兰庆, 钟心, 高安泰

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 基于对1972~1997年兰州五泉山水质变化情况的分析, 研究了兰州地区环境污染尤其是大气污染对该泉点水质的影响. 结果表明, 环境因素对泉点的水化学动态可能造成很大的影响, 在应用水文地球化学观测资料进行地震预报时, 应充分考虑环境污染问题.

**关键词:** 兰州地区; 环境污染; 水化动态

**中图分类号:** P592    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-0844(2002)02-0140-05

## 0 引言

地下水的化学成分随时间不断变化, 这种变化过程称为水文地球化学动态<sup>[1]</sup>. 水化动态及其影响因素的研究, 在震害水文地球化学领域中有重要的地位, 它对于确定地震异常与地球化学背景有着重要的意义. 水化动态的影响因素可以分为天然因素和人为因素两大类, 环境污染对水化动态的影响属人为因素的影响.

本文以分析兰州五泉山水质变化及兰州地区环境污染情况为基础, 研究了兰州地区环境污染对五泉山水化动态的影响.

## 1 兰州五泉山泉点概况

五泉山水化观测点位于兰州市五泉山公园内, 在构造上位于兰州盆地南侧的皋兰山下, 黄河第三阶地后缘. 卫片解释及野外考察结果认为, 兰州及其周围展布着不同方向的多条断裂构造, 其中与五泉山泉水出露有关的断裂主要有3条: 第一条是小康营断裂, 走向NWW, 倾向NE70°多, 全长25~30 km, 从榆中小康营延伸至皋兰山以东; 第二条是阿干镇—什川张性断层, 走向NNW, 从皋兰山西端切过; 第三条为EW向的青冈岔—直门沟—邓加营断裂, 位于皋兰山以南, 长约20 km, 断面南倾, 倾角50°~70°.

研究表明, 泉点补给源主要为大气降水. 为了监测地震需要, 早在1970年兰州地震研究所就在此开展了有关水质、水氡的监测工作, 水质项目有 $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $HCO^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $F^-$ 、 $SiO_2$ 、pH值等. 表1为该泉点1972~1997年的水质均值情况.

收稿日期: 2001-05-15

基金项目: 兰州地震研究所青年基金资助项目(1999237, 2000229)

中国地震局兰州地震研究所论著编号: IC2001036

作者简介: 潘树新(1974-), 男(汉族), 甘肃临洮人, 在职硕士研究生, 主要从事地下流体预报地震研究工作.

## 2 环境污染对水质变化的影响

从表 1 中的各项数据可以看出,  $F^-$ 、 $SiO_2$ 、 $Ca^{2+}$  在时间序列上保持相对稳定,  $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、等均出现一定趋势的增长, 但变化幅度不是很明显(图 1 和图 2)。在水质各测项中变化幅度最明显的是  $NO_2^-$  和 pH 值(图 3 和图 4);  $NO_2^-$  从 1989 年以后由原来的  $2 \mu g/L$  上升到几十微克每升, 有的五日测值甚至达到几百微克每升; pH 值从 1991 年以前的偏碱性明显转为偏酸性。

表 1 兰州五泉山 1972~1997 年水质分析数据

年份	$K^+$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$HCO_3^-$	$F^-$	$NO_2^-$	$NO_3^-$	$SiO_2$	pH
1972	—	—	101.1	70.3	257.9	185.9	262.1	0.38	41.2	0.002	12.8	—
1973	—	—	104.2	70.7	266.3	178.5	272.4	0.37	—	0.002	12.0	—
1974	—	—	112.3	71.9	288.7	213.7	275.5	0.57	—	0.002	10.9	—
1975	—	—	113.4	75.2	280.6	247.3	273.9	0.33	—	0.00	11.3	—
1976	—	—	111.7	76.3	277.1	245.3	275.6	0.30	—	0.00	12.3	—
1977	—	—	109.7	72.3	292.7	232.7	273.4	0.31	—	0.00	12.0	—
1978	6.00	132.0	115.3	76.0	304.5	257.9	270.2	0.31	—	0.002	11.6	—
1979	7.03	144.9	116.7	77.6	309.3	252.7	270.0	0.25	—	0.003	11.7	7.49
1980	5.36	141.5	113.9	81.3	301.3	237.9	265.0	0.27	—	0.003	11.5	7.59
1981	6.66	132.3	116.5	78.9	302.7	237.9	259.6	0.34	—	0.002	11.8	7.46
1982	6.05	139.6	115.1	76.5	294.2	242.5	253.5	0.34	49.2	0.002	11.8	7.43
1983	5.63	150.4	112.2	72.0	304.8	242.1	261.3	0.37	51.2	0.002	11.7	7.43
1984	6.18	159.0	104.8	78.9	293.0	241.9	260.0	0.35	51.2	0.003	11.6	7.40
1985	5.42	148.5	107.1	81.6	277.3	255.3	257.7	0.37	49.2	0.002	11.9	7.44
1986	5.60	147.3	106.7	80.5	275.0	250.2	260.0	0.33	50.9	0.005	12.0	7.50
1987	6.10	147.0	105.3	79.3	272.8	245.1	262.7	0.29	52.6	0.007	12.1	7.57
1988	5.99	146.2	103.9	74.7	259.1	212.3	263.6	0.32	49.4	0.004	11.9	7.68
1989	6.57	145.7	103.6	74.5	268.6	241.5	269.0	0.37	52.5	0.003	11.6	7.72
1990	7.32	144.4	101.9	75.0	264.5	242.6	277.8	0.39	49.9	0.016	11.1	7.61
1991	8.84	141.7	101.9	74.8	265.6	247.8	281.0	0.29	48.0	0.006	11.4	6.98
1992	—	—	101.3	77.0	274.6	239.0	273.5	0.28	47.5	0.030	11.5	6.85
1993	—	—	99.3	77.8	274.6	244.3	267.0	0.27	51.5	0.020	11.8	6.57
1994	—	—	105.1	77.3	271.6	241.0	281.9	0.30	53.1	0.032	11.8	6.65
1995	—	—	106.1	77.8	280.3	245.7	285.4	0.32	55.8	0.015	11.4	6.66
1996	—	—	109.4	79.0	283.8	250.2	286.4	0.33	53.9	0.001	11.3	6.60
1997	—	—	111.4	79.8	285.3	258.2	281.3	0.32	55.0	0.013	11.5	6.69

五泉山水质之所以出现上述变化, 其影响因素是多方面的. 如 1995 年 7 月 22 日永登 5.8 级地震前,  $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$  等离子含量出现趋势性升高(图 5). 专家认为<sup>①</sup>, 这是由于引起这次地震的较强的构造运动, 破坏了原水系的平衡状态, 使一些深部的环境水混入, 造成这些离子含量升高. 但除这次地震以外, 在该泉 100 km 范围内没有发生过  $M_s > 5.0$  的其它地震, 并且该泉点的  $SiO_2$ 、 $F^-$ 、流量等项目相对稳定, 因此该泉产出的地球化学环境并未发生非常显著的变化. 所以作者认为,  $NO_2^-$ 、pH 测值发生明显变化的原因可能与该泉周围的环境污染有关. 五泉山水质的补给源为大气降水, 兰州市近几十年来出现了较为严重的环境污染, 据笔者测定, 五泉山泉水的镭-氡年龄为 20 年左右, 所以大气污染组分随大气降水进入地下水循环进而影响该泉水质的动态变化是可能的. 虽然环境污染对泉水  $NO_2^-$ 、pH 测值的影响程度难以确定, 但

① 刘耀炜, 等. 西北地震地下流体观测网综合应用研究(甘肃省自然科学基金研究报告).

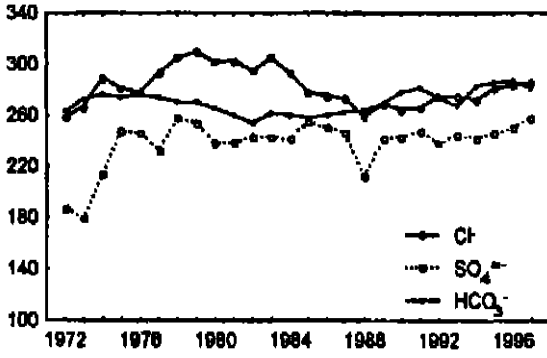


图1 兰州五泉山泉水中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  含量年均值曲线图

Fig. 1 The curve of year mean content of  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  in Wuguanshan spring.

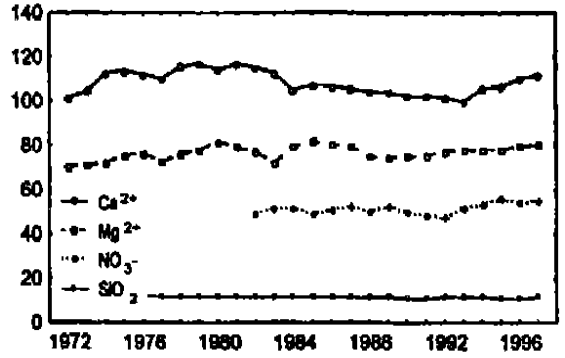


图2 兰州五泉山泉水中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SiO}_2$  含量年均值曲线图

Fig. 2 The curve of year mean content of  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SiO}_2$  in Wuguanshan spring.

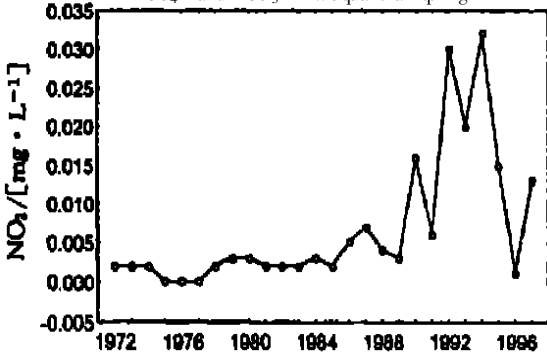


图3 兰州五泉山泉水中  $\text{NO}_2^-$  含量年均值曲线图

Fig. 3 The curve of year mean content of  $\text{NO}_2^-$  in Wuguanshan spring.

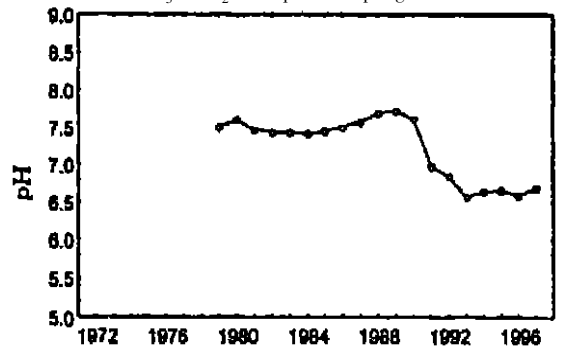


图4 兰州五泉山泉水 pH 变化年均值曲线图

Fig. 4 The curve of year mean values of pH in Wuguanshan spring.

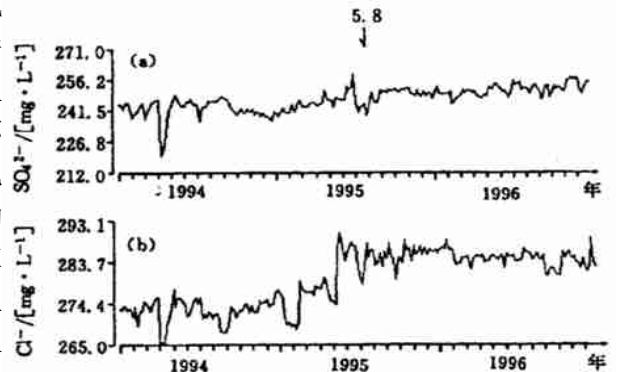
二者的因果关系是肯定存在的。

### 2.1 对 $\text{NO}_2^-$ 测值明显升高的解释

$\text{NO}_2^-$  测值升高与兰州地区大气中氮氧化物污染有关。大气中的氮氧化物随着降水进入地下，从而可能导致了五泉山水中  $\text{NO}_2^-$  测值的升高。表2为兰州市大气环境质量监测值。兰州市氮氧化物超标情况明显，1986~1989年4年中氮氧化物日均值超标率达20%~30%，冬季日均值在0.17~0.326之间，污染相当严重。由于五泉山水点为大气降水补给，因此大气降水溶解空气中的气组分，从而进入地下水循环，使  $\text{NO}_2^-$  测值升高。

### 2.2 对 pH 值降低的解释

引起 pH 值降低的原因可能更为多样。



(a) 硫酸根的变化线图；(b) 氯离子的变化线图  
图5 地震引起五泉山水中氯离子和硫酸根的变化线图

Fig. 5 The content changes of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  in Wuguanshan spring caused by earthquake.

一方面可能与温室气体的排放、二氧化硫的排放量有关. 据统计, 1986~1989年4年中, 兰州市二氧化硫的年日均值为 $0.078 \sim 0.115 \text{ mg/m}^3$ , 超过国家标准, 超标率在 $15.4\% \sim 21.8\%$ 之间. 兰州市因其特有的地形, 形成特殊的盆地气候, 不利于污染物的稀释和扩散. 这些气体可随大气降水一起进入地下水, 这可能是pH值降低的最主要原因. 有力的佐证就是兰州市已出现酸雨危害. 另一方面可能农业污染源有关. 这些污染物有动物排出废物、肥料、植物残体等, 这可能使一些腐殖酸等进入地下, 引起水质酸化.

表2 兰州市大气环境质量监测情况表<sup>1,3)</sup>

浓度单位:  $\text{mg/m}^3$

年份	监测项目	采暖日均值		非采暖日均值		全年日均值	
		浓度	超标率	浓度	超标率	浓度	超标率
1986	二氧化硫	0.326	81.8	0.034	0.0	0.115	20.9
	氮氧化物	0.1997	87.3	0.039	0.0	0.087	25.0
	总悬浮颗粒	1.44	100	0.62	96.4	0.32	82.6
	自然降尘	37.80	0.94	20.70	0.22	26.58	0.20
1987	二氧化硫	0.286	85.4	0.045	0.0	0.106	21.8
	氮氧化物	0.170	78.2	0.034	0.0	0.074	21.8
	总悬浮颗粒	2.36	100	0.889	4.5	1.267	4.1
	自然降尘	27.43	0.46	19.55	0.38	29.62	0.51
1988*	二氧化硫	0.095	25.5	0.035	1.85	0.078	15.9
	氮氧化物	0.068	21.7	0.061	1.39	0.081	23.12
	总悬浮颗粒	0.032	100	0.1343	6.67	0.191	48.7
	自然降尘	29.2	0.96	17.80	0.38	22.99	0.51
1989	二氧化硫	0.209	61.8	0.041	0.0	0.086	15.4
	氮氧化物	0.326	90.9	0.069	16.4	0.129	30.4
	总悬浮颗粒	0.89	87.3	0.30	27.3	0.53	59.1
	自然降尘	26.02	1.06	23.45	0.05	22.18	0.23
1990*	二氧化硫	—	—	—	—	0.076	—
	氮氧化物	—	—	—	—	0.104	—
	总悬浮颗粒	—	—	—	—	0.232	—
	自然降尘	—	—	—	—	36.19	—

\* 系自动监测数据, 二氧化硫、氮氧化物、飘尘数据与历年无可比性仅供参考.

自然降尘量:  $\text{t/km}^2 \cdot \text{a}$ , 超标率一栏为超标倍数.

### 3 结论及思考

兰州市五泉山水中 $\text{NO}_2^-$ 、pH的变化可能与兰州地区的环境污染尤其大气污染有关, 这为水化动态的研究增加了难度, 从而影响到地震异常的识别. 因此, 对一些靠大气降水或河水补给的水化观测点, 必须考虑环境污染对水化动态的影响. 含有污染组分的水与地下水混合后, 不但发生物理变化, 而且要发生化学变化. 因为污染杂质中含有大量的活泼组分, 如C、有机物等, 在污染过程中可发生溶滤作用、混合作用、阳离子交替吸附作用、氧化作用或还原作用等. 这不仅造成地下水化学组分的多年趋势性变化, 而且对某些组分的观测产生很大的干扰作用, 这为地震异常的识别增加了难度.

水文地球化学观测资料在地震预报中起着重要的作用. 但传统的测量方法是在地表或近地表取样, 然后将样品在实验室进行分析. 该方法缺点甚多: 一是取样深度较浅, 样品易受地表环境因素的影响, 因此可能使样品携带的深部信息得到弱化; 二是实验室分析易受环境、气象、

人为等因素的影响, 测值的时间序列资料可能含有较多的干扰信息. 目前中国地震局已将新地震前兆传感器(仪器)的研制作为“十五”重点资助项目. 对于水文地球化学前兆观测, 研制新型传感器必须要能实现数字化的准确在线测量, 同时也应考虑能否实现样品的深部测量, 这样才能有效的排除环境、人为等因素的影响, 提高观测资料的质量.

### [ 参考文献 ]

- [ 1 ] 张炜, 王吉易, 鄂秀满, 等. 水文地球化学预报地震的原理与方法[ M ]. 北京: 教育科学出版社, 1988. 113—114.
- [ 2 ] 苏尔坦霍贾耶夫 A H. 放射性气体在研究地质过程中的应用[ M ]. 北京: 地震出版社, 1983. 66—71.
- [ 3 ] 甘肃省计划委员会编. 甘肃国土资源[ M ]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992.

## A PRELIMINARY STUDY ON THE ENVIRONMENT POLLUTION IN LANZHOU AREA INFLUENCE OF TO DYNAMIC BEHAVIOR OF HYDROGEOCHEMISTRY IN WUQUANSHAN SPRING

PAN Shu-xin, CHEN Lan-qing, ZHONG Xin, GAO An-tai

(*Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)

**Abstract:** Based on the analysis to water quality of Waguanshan spring from documents of 1972 ~ 1997, the Influence of environmental pollution in lanzhou area to the dynamic behavior of hydrogeochemistry in the spring water is studied. It shows that the environment pollution, especially air pollution, may influence the spring water greatly. So the environment pollution should be considered when use data of dynamic behavior of hydrogeochemistry in underground water to earthquake prediction.

**Key words:** Lanzhou area; Environment pollution; Dynamic behavior of hydrogeochemistry