

【发现与进展】

doi: 10.12029/gc20170515

湖南新田发现大型富锶矿泉水及机理研究

苏春田¹ 张发旺¹ 夏日元¹ 姚昕² 邹胜章¹ 罗飞¹ 赵光帅¹ 杨杨¹ 巴俊杰¹ 李小盼¹

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所; 国土资源部/广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室, 广西桂林 541004;
2. 聊城大学环境与规划学院, 山东 聊城 252059)

A study of the water-rock interaction of large rich Sr mineral spring in Xintian, Hunan Province

SU Chuntian¹, ZHANG Fawang¹, XIA Riyuan¹, YAO Xin², ZOU Shengzhang¹, LUO Fei¹, ZHAO Guangshuai¹, YANG Yang¹, BA Junjie¹, LI Xiaopan¹

(1. Key Laboratory of Karst Dynamics of Ministry of Land and Resources, Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, Guangxi, China; 2. School of Environment and Planning, Liaocheng University, Liaocheng 252059, Shandong, China)

1 研究目的(Objective)

湖南新田县(图1)发现大型富锶矿泉水田,面积约176.7 km²,下降泉、机井锶元素平均含量分别为0.38 mg/L、2.76 mg/L,均大于国家饮用天然矿泉水锶含量限值,在西南岩溶区,乃至全国实属罕见。下降泉、机井pH平均值均呈弱碱性,TDS平均值均属于淡水,硬度平均值分别属于微硬水、硬水。Ca²⁺含量分别占阳离子组成平均含量91.28%、58.05%,HCO₃⁻含量分别占阴离子组成平均含量90.23%、84.52%(表1)。国内外对岩溶区富锶矿泉水研究鲜有报道,富锶矿泉水溶质组分形成是水岩相互作用结果,其作用机理如何,是本次研究目的。

2 研究方法(Methods)

新田县大型富锶矿泉水田赋存于泥盆系余田桥组(D_{3s})地层,岩性为中薄层浅灰色泥灰岩夹灰岩、泥页岩。采集该地层地质剖面岩石、土壤样品。将岩石敲碎成粒径保持相对一致颗粒状,土壤保持原状,按四分法将岩石、土壤分成60份(60 g/份),分别设计20组平行实验。按照固体:液体=1:5原则将岩石、土壤样品分别装入盛有去离子水瓶中。考虑蒸发影响,每天定时添加去离子水以保证体积恒定。控制室内温度恒定,以实验开始日计算,间隔不同时间取样20次(3个/次)。监测项目pH值、电导率、硬度、Sr。

3 研究结果(Results)

岩石和土壤浸泡液(图2)锶元素浓度均表现为

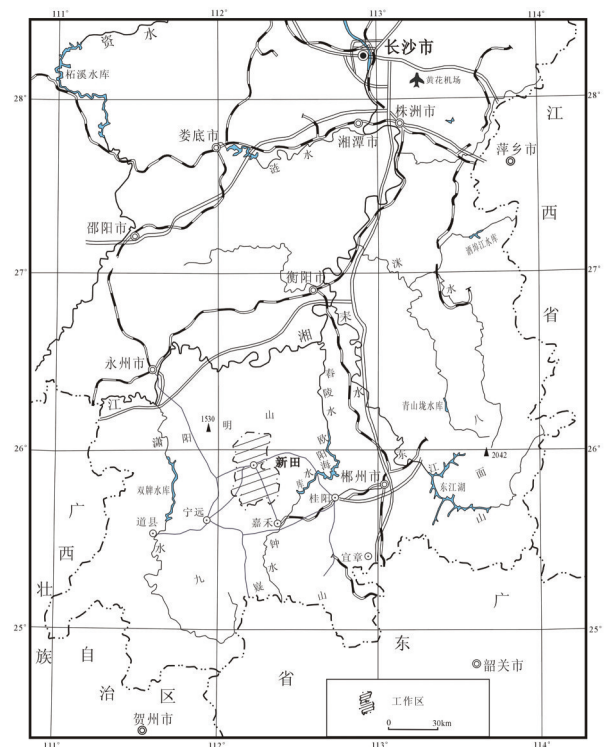


图1 工作区位置图

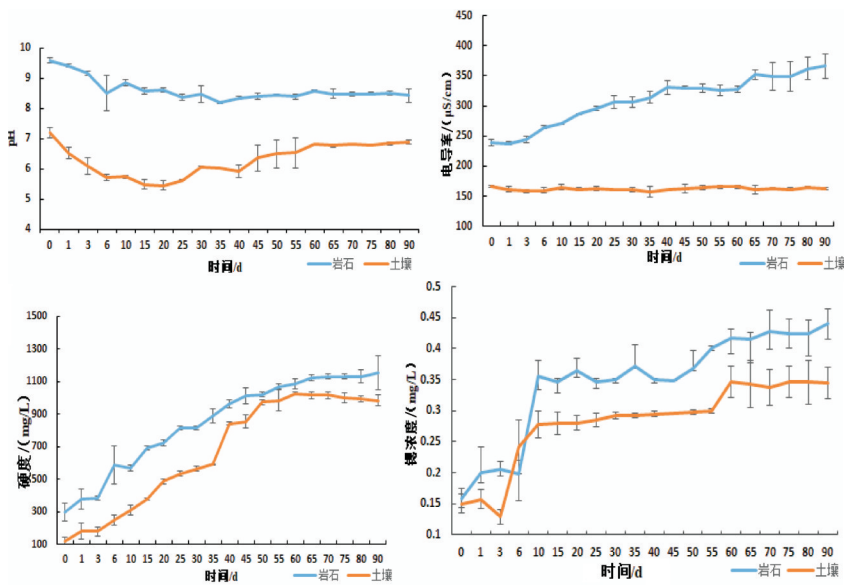
Fig.1 Location map of working area

快速增大-缓慢增大-趋于稳定变化规律,岩石、土壤浸泡液分别在第10天、第6天表现为快速增大,分别由0.129 mg/L增加到0.242 mg/L、0.199 mg/L增加到0.356mg/L。岩石浸泡液pH值整体呈下降趋势,由开始最大值9.58逐渐下降为8.40;土壤浸泡液pH值表现为先下降后上升再稳定趋势。岩石浸泡液电导率表现为缓慢增加-趋于稳定变化规律,

表1 富锶矿泉水水化学特征

Table 1 Hydrochemical characteristics of large rich Sr mineral spring

项目	下降泉(N=21)					机井(N=30)				
	最小值	最大值	平均值	标准差/%	变异系数/%	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
pH	6.76	7.81	7.07	0.30	4.25	6.74	7.90	7.20	0.27	3.79
TDS/(mg/L)	201.48	395.92	291.57	63.27	21.70	239.74	732.81	425.66	114.87	26.99
硬度/(mg/L)	181.71	351.57	262.61	53.04	20.20	82.02	612.20	318.84	101.03	31.69
K ⁺ /(mg/L)	0.07	3.82	1.06	1.17	110.88	0.36	19.17	2.51	3.42	135.91
Na ⁺ /(mg/L)	0.52	15.68	3.56	4.57	128.53	0.87	219.72	35.05	47.30	134.96
Ca ²⁺ /(mg/L)	69.16	131.14	100.13	18.17	18.15	14.85	156.95	88.04	34.49	39.18
Mg ²⁺ /(mg/L)	2.04	6.76	3.98	1.60	40.24	4.08	58.22	24.03	15.56	64.73
Cl ⁻ /(mg/L)	1.40	19.66	4.96	5.14	103.59	1.68	88.78	16.64	18.28	109.87
SO ₄ ²⁻ /(mg/L)	5.29	41.78	16.35	11.58	70.83	5.18	236.34	38.84	42.33	108.98
HCO ₃ ⁻ /(mg/L)	222.07	398.43	299.52	50.16	16.75	248.20	630.30	407.74	84.25	20.66
NO ₃ ⁻ /(mg/L)	1.80	24.51	6.33	6.25	98.74	1.78	43.14	5.12	7.45	145.47
Sr/(mg/L)	0.24	0.67	0.38	0.11	30.34	0.30	8.47	2.76	2.29	83.01

图2 岩石、土壤pH值、电导率、硬度、Sr²⁺随时间变化趋势图Fig.2 Trend diagram with time of pH values of rock and soil, electrical conductivity, hardness and Sr²⁺

由开始 239.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 增加到最后的 366.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ；土壤浸泡液电导率基本稳定在 160.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 左右。岩石浸泡液和土壤浸泡液硬度均表现增加趋势，90 天时均趋于稳定，分别为由最初的 298.67 mg/L 增加到 1152.67 mg/L、120.00 mg/L 增加到 985.00 mg/L。

4 结论(Conclusions)

(1) 锶元素浓度变化曲线说明溶滤时间是影响锶元素含量高低的重要因素，岩石浸泡液锶元素浓度变化曲线高于土壤浸泡液，研究区属于岩溶区，土层浅薄，说明矿泉水中锶元素来源主要为水-岩相互作用。

(2) 相关分析表明，岩石浸泡液锶元素浓度与

pH 值、电导率、硬度呈极显著或显著相关，说明 pH 值、含盐量、Ca²⁺ 也是影响锶元素含量重要因素。

5 致谢(Acknowledgement)

本文为中国地质调查局项目“湘江上游岩溶流域 1:5 万水文地质环境地质调查”(DD20160303) 资助的成果。

第一作者简介：苏春田，男，硕士，生于 1981，高级工程师，研究方向：岩溶区水文地质环境地质；E-mail:suchuntian@karst.ac.cn。

通讯作者简介：张发旺，男，生于 1965，博士，研究员，研究方向：水文地质、矿山环境地质；E-mail:zhangfawang@karst.ac.cn。