

【发现与进展】

doi: 10.12029/gc20210323

贵州关岭地区发现地表和地下水体锶超常富集

周长松^{1,2}, 邹胜章², 夏日元², 薛强³, 朱丹尼², 李录娟², 曹建文², 李军², 谢浩²

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所; 自然资源部/广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室, 广西 桂林 541004; 3. 中国地质大学(北京)水资源与环境学院, 北京 100083)

Extreme enrichment of strontium discovered in surface water and groundwater in the Guanling area of Guizhou Province

ZHOU Changsong^{1,2}, ZOU Shengzhang², XIA Riyuan², XUE Qiang³, ZHU Danni², LI Lujuan², CAO Jianwen², LI Jun², XIE Hao²

(1. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu, China; 2. Key Laboratory of Karst Dynamics of Ministry of Land and Resources, Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, Guangxi, China; 3. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

1 研究目的(Objective)

在前期资料收集、补充调查及随机样采集的基础上,发现贵州打邦河流域关岭地区地表水、地下水锶(Sr)含量异常(图 1),均大于国家饮用天然矿泉水锶含量限值,部分水样锶含量达到医疗矿泉水水平,超过西南岩溶区已有报道锶含量值,在西南乃至全国实属罕见。揭示该区各种类型水体锶含量分布状况、富集成因是本次研究目的。

2 研究方法(Methods)

考虑到研究区存在地下河、岩溶泉、机井、地表

水等水体类型,采取上下游控制布点、各种水体类型兼顾的原则,在平水期共布设 26 个地下水采样点(编号 DX01~DX26)、10 个地表水采样点(编号 DB01~DB10)。采样过程中采用 Juno3D GPS 仪对每个采样点进行 GPS 定位,现场测试 pH、EC。本次共采集 26 组地下水样(包含地下河水 17 组、岩溶泉 7 组、机井 2 组)、10 组地表水样。每组水样包括 600 mL×2 瓶原水样,用于常规阴阳离子分析;600 mL×1 瓶加酸(1:1HNO₃)水样,用于锶(Sr)元素的分析。测试方法为原子发射光谱法(ICP-OES),测试标准为 GB/T8538-2008 和 DZ/T0064-1993。另外,针对区内主要地层类型,采集 46 组岩石样品(编号 YS01~YS46),测试指标为锶(Sr)元素,测试标准为《岩石矿物分析》2011 年第四版 16.38.2.2,测试仪器为 AFS-8230 双道原子荧光光谱仪。

3 研究结果(Results)

调查发现本区富含锶(Sr)的区域位于贵州打邦河流域关岭地区,面积约 70 km²,该地区地下水主要含水岩组由三叠系碳酸盐岩地层(嘉陵江组 T_{1-2j}、关岭组 T_{2g}、杨柳井组 T_{2y}、法郎组 T_{3f})构成。对采集的 26 组地下水样品和 10 组地表水样品测试结果分析,发现有 24 组地下水样品和 10 组地表水样品 Sr 含量达 1 mg/L 以上,最大值达到 31.51 mg/L(表 1)。地下河水、岩溶泉、机井、地表水 Sr 元素平均含量分别为 2.96 mg/L、1.90 mg/L、16.77 mg/L、2.23 mg/L,分别为国家饮用天然矿泉水锶含量限值(0.2

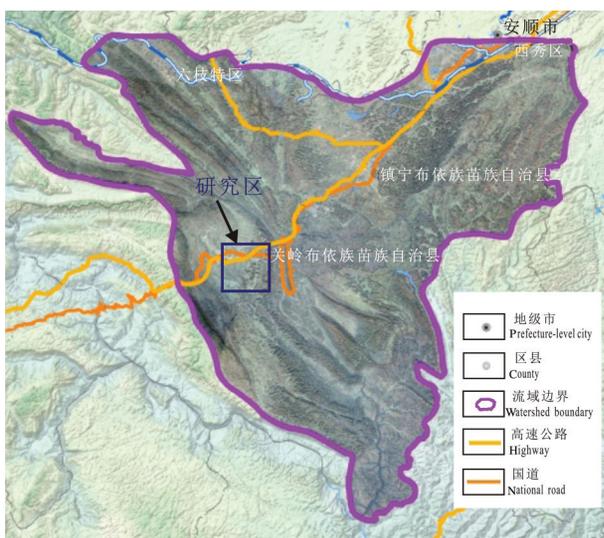


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

表1 地表水和地下水样品Sr含量(mg/L)检测结果
Table 1 Analytical results of Sr content (mg/L) in surface water and groundwater samples

地表水		地下河水		岩溶泉		机井	
样品号	$\rho(\text{Sr})$	样品号	$\rho(\text{Sr})$	样品号	$\rho(\text{Sr})$	样品号	$\rho(\text{Sr})$
DB01	2.57	DX01	5.41	DX011	2.05	DX018	1.99
DB02	2.40	DX02	5.49	DX012	1.79	DX019	2.18
DB03	1.97	DX03	1.02	DX013	2.46	DX020	3.42
DB04	1.18	DX04	2.32	DX014	2.38	DX021	1.06
DB05	1.99	DX05	2.86	DX015	2.49	DX022	0.05
DB06	2.55	DX06	3.88	DX016	1.69	DX023	3.68
DB07	1.74	DX07	4.74	DX017	2.24	DX024	0.89
DB08	2.66	DX08	3.98				
DB09	2.73	DX09	4.15				
DB10	2.49	DX10	1.33				
平均值	2.23	平均值	2.96	平均值	1.90	平均值	16.77

mg/L)的14.8、9.5、83.85、11.15倍,2组地下河水样达到医疗矿泉水锶(Sr)含量水平(限值5~10 mg/L),1组机井水样超过医疗矿泉水锶(Sr)含量水平。按照水文地质系统法理论,对比区内上下游地下水锶(Sr)含量,发现地下河水锶(Sr)含量存在从上游至下游逐渐增加的趋势,表明沿途存在碳酸盐溶滤,揭示水-岩相互作用是本区地下水锶的主要来源途径。进一步对区内主要地层岩样Sr元素测试结果分析,发现 T_{1-j}^1 、 T_{1-j}^3 、 T_2g^1 、 T_2y^1 、 T_2y^3 、 T_3f 岩样Sr平均含量为225~601 mg/kg, T_2g^2 岩样Sr平均含量为1187 mg/kg。而本次采集的水样锶(Sr)含量3 mg/L以上的9个水点均分布在 T_2g^2 地层,揭示 T_2g^2 可能为本区地下水主要富锶地层。本次调查发现,锶(Sr)含量值最大采样点为 T_2g^2 地层区的一个机井,补给区地层单一、地层倾角较小、降水入渗条件较好等促成良好的单斜富锶环境,井深约100 m,静水位为5 m,涌水量达到170 m³/d,具有开发成医疗矿泉水潜质。

4 结论(Conclusions)

(1)在关岭地区,基底岩石主要由三叠系碳酸盐岩地层构成,岩溶地下水和地表河水存在锶(Sr)元素超富集特征,其中地下河水、岩溶泉、机井、地表水锶(Sr)元素平均含量分别为国家饮用天然矿泉水

表2 岩石样品中Sr含量检测结果

Table 2 Sr assay data of rock chip samples		Sr 平均值	(Sr 平均值)
地层代号	样品数 N/组	/(mg/kg)	/(Sr 地壳丰度)
嘉陵江组	T_{1-j}^1	2	595.00
	T_{1-j}^3	3	448.83
关岭组	T_2g^1	5	254.00
	T_2g^2	8	1187.21
杨柳井组	T_2y^3	6	249.48
	T_2y^1	18	442.00
法郎组	T_3f	4	601.00

注:地壳中Sr元素丰度为370 mg/kg。

锶含量限值0.2 mg/L的14.8、9.5、83.85、11.15倍。

(2)扣除外源水汇入稀释作用影响外,岩溶管道地下水中锶(Sr)含量从上游至下游有逐渐增加趋势,表明沿途存在碳酸盐溶滤,揭示水-岩相互作用是本区地下水锶的主要来源途径,而三叠系 T_2g^2 、 T_3f 、 T_{1-j}^1 、 T_{1-j}^3 、 T_2y^1 等碳酸盐岩富锶地层可能为水体中锶的主要来源。

(3)局部地块由于补给区为单一的超级富锶地层 T_2g^2 ,且地层倾角较小、岩溶裂隙较为发育、降水入渗条件较好,形成良好的单斜富锶环境,促成地下100 m深处含水层锶(Sr)元素尤为富集,锶(Sr)含量达到国家饮用天然矿泉水锶含量限值的157.55倍,在西南地区乃至中国均为罕见,具有开发成含锶医疗矿泉水潜质。

5 致谢(Acknowledgements)

感谢中国地质调查局和审稿专家的支持。

基金项目:本文为中国地质调查局项目“红水河上游岩溶流域1:5万水文地质环境地质调查(DD20160300)”和“乌蒙山地区水文地质调查(DD20190825)”资助的成果。

作者简介:周长松,男,1987年生,硕士,助理研究员,研究方向:岩溶区水文地质环境地质;E-mail: changsongzhou@karst.ac.cn。

通讯作者:邹胜章,男,1969年生,博士,研究员,研究方向:岩溶区水文地质环境地质;E-mail: zshzh@karst.ac.cn。