

留坝县江口—玉皇庙一带富锶泉水分析

刘 阳

陕西地矿汉中地质大队有限公司 陕西 汉中 723100

摘要：目前陕西省南部留坝县进行了矿泉水及地热资源调查，多处泉水样品分析中锶含量在0.2mg/L以上，水量较大的江口镇白庙子村泉水Q98和Q37达到《饮用天然矿泉水国家标准》中锶矿泉水标准，可用于后期开发利用。富锶泉水位于江口断裂及北侧地带，出露地层为石炭系袁家沟组、泥盆系星红铺组和三叠系留凤关群，这些地层中含锶量较高，构造较发育，泉水含锶量增高，流量较大。

关键词：留坝县；富锶泉水；分析

1 留坝县江口—玉皇庙一带富锶泉水概况

1.1 地理分布

江口—玉皇庙一带富锶泉水分布于留坝县北部江口镇和玉皇庙镇，水质达到《饮用天然矿泉水国家标准》

且水量较大的2处锶矿泉水为江口镇白庙子村包家岭泉水Q98和白庙子村四组Q37，可用于后期开发利用^[1]。其余富锶泉水位于江口镇锅厂村、河西村及玉皇庙镇石窑坝村、大树坝村等，位置见图1。



图1 留坝县江口—玉皇庙位置图

1.2 富锶泉水的水质水温水量及动态

2022年8月以来，在江口—玉皇庙一带泉水进行了水文地质调查及水质检测^[2]，部分泉水从2022年9月至2022

年3月进行了长期观测，江口断裂带以北富锶泉水出露较多，富锶泉水水质、水温、水量等详见表1。

表1 留坝县富锶矿泉水特征表

泉点编号	Q98	QF37	Q230	Q96
泉点位置	江口镇白庙子村包家岭	江口镇白庙子村四组公路边	江口镇河西村江西营3组	江口镇锅厂村竹林
锶(mg/L)	0.561	0.430	0.715	0.748
PH值	8.07	8.06		7.91
溶解性总固体	339	254		347
水质类型	HCO ₃ -Ca.Mg	HCO ₃ -Ca.Mg		HCO ₃ -Ca
地下水质量分类及级别	Ⅱ类优良	Ⅱ类优良		Ⅱ类优良
泉水流量(9月-3月)(L/S)	0.644—1.763	0.644—1.350	0.349	0.114—0.610
地下水类型	基岩裂隙水	岩溶裂隙水	基岩裂隙水	基岩裂隙水
泉水温度(9月-3月)℃	8.8—14.7	9.2—15.0	9.2—14.9	11.0—15.4
地层岩性	钙质千枚岩	灰岩	钙质粉砂岩	粉砂质千枚岩

续表:

泉点编号	Q98	QF37	Q230	Q96
地层代号	D ₃ x	C ₁ y	C ₁ y	D ₃ x
构造位置	背斜南翼	背斜南翼	江口断裂带	钢厂次级断层
开发利用状况	饮用水源地	无	饮用水源地	无

表1 留坝县富锶矿泉水特征表

矿泉编号	Q372	QF374	Q64	Q262
取样地点	江口镇江口村凉水井	玉皇庙镇石窑坝村川行店	玉皇庙镇大树坝村沼泽地	玉皇庙镇大树坝村带福沟口
锶(mg/L)	0.32	0.22	0.382	0.550
PH值	7.8	7.6	7.89	
溶解性总固体	339	240	338	
水质类型	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Ca	
地下水质量分类及级别	Ⅱ类优良	Ⅱ类优良	Ⅱ类优良	
泉水流量(9月-3月)(L/S)	0.912—1.519	6.143—9.375	0.965—4.026	0.221
地下水类型	基岩裂隙水	基岩裂隙水	基岩裂隙水	基岩裂隙水
泉水温度(9月-3月)℃	13.1	12.4—13.5	8.0—15.2	13.0
地层岩性	碎裂砂质灰岩	碎裂砂质灰岩	碎裂砂质灰岩	粉砂质板岩
地层时代	C ₁ y	C ₁ y	T ₁ L	T ₁ L
构造位置	江口断裂带	江口断裂带	大树坝向斜核部	大树坝向斜核部
开发利用状况	饮用水源地	无	无	饮用水源地

2 自然地质背景

2.1 地形地貌

留坝县富锶泉水分布区位于秦岭南麓腹地,山坡陡峭,局部形成了一些宽谷。地貌类型有中山区和河谷区两大地貌单元。泉点多位于凹形斜坡下部近坡脚处或河谷区。

2.2 地质构造

富锶泉水分布区地处秦岭造山带南缘江口断裂带北侧,江口断裂呈近东西向展布于玉皇庙-江口一线,区内断裂带最宽可达百米,由早期韧性变形带、中期逆冲推覆构造带、后期脆性变形带组成,断裂带常有方解石脉充填。断面北倾,倾角大于70°。断裂破碎带可形成带状蓄水空间与地下水径流通道,形成富水含水层。江口断裂带北侧褶皱发育,地层间多为断层接触,裂隙发育。见图2。

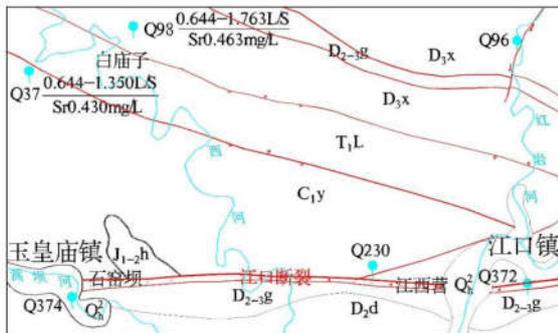


图2 留坝县江口—玉皇庙一带地质简图

2.3 地层岩性

富锶泉水分布地层主要为石炭系袁家沟组(C₁y)和江口断裂带的砂质灰岩、粉晶灰岩、变质砂岩、构造岩;泥盆系星红铺组(D₃x)钙质粉砂质板岩、钙质千枚岩、砂质灰岩;三叠系留风关群灰质砂岩、钙质板岩;其富水性中等,锶含量较高。其余地层为泥盆系大枫沟组(D₂d)、古道岭组(D_{2-3g})等,富水性弱,锶含量较低。

2.4 水文地质条件

(1) 含水岩组划分及富水性

该区富锶泉水按含水介质和地下水的赋存状态可将区内地下水划分如下。

① 松散岩类孔隙水弱富水岩组:主要分布于河谷地段,含水层以第四系冲洪积砂、砂砾石砂质粘土为主,其厚度数米到数十米不等,泉水流量较小。

② 层状基岩裂隙水中等富水岩组:分布在玉皇庙-江口断裂带北侧褶皱、断层、裂隙发育地段,分布于泥盆系星红铺组(D₃X)、三叠系留风关组(T₁L)地层,岩性为钙质千枚岩、含钙粉砂质板岩、灰质砂岩、钙质板岩等。如星红铺组(D₃X)中Q98泉水流量0.644—1.763 L/S,留风关组(T₁L)中大树坝Q64泉水流量0.965—4.026 L/S。

③ 层状基岩裂隙水弱富水岩组:分布于玉皇庙-江口断裂以南或远离江口断裂带,区内分布有泥盆系大枫沟组(D₂d)地层,岩性为砂岩、粉砂岩夹板岩、薄层灰岩,泉水流量在0.5L/S以下。

④ 块状基岩裂隙水弱富水岩组：主要分布于玉皇庙-江口断裂带南部，岩性主要为晚古生代、中生代侵入的花岗岩、闪长岩，泉水流量在0.3L/S以下。

⑤ 岩溶裂隙水中等富水岩组：分布于玉皇庙-江口一带北侧石炭系袁家沟组（C_{1y}）及江口断裂带玉皇庙段，含水层岩性主要为砂屑灰岩、薄层灰岩夹钙质板岩、粉砂质板岩、构造岩，岩石较破碎，地表微张裂隙较发育，局部见溶蚀现象，导水性、渗透性较好。袁家沟组中白庙子四组Q37泉水流量0.644—1.350 L/s，断裂带处石窑坝Q374泉水流量为7.13L/s，Q375泉水流量为3.148L/s。

⑥ 岩溶裂隙水弱富水岩组：分布于玉皇庙-江口断裂带南部泥盆系古道岭组（D_{2-3g}）中，岩性为灰岩夹砂岩、板岩，构造不发育，泉水流量在0.5L/S以下。

（2）地下水补径排泄

大气降水和地表水是地下水的主要补给来源，地下水流向从分水岭向最近的河流沟谷流动，山岭、山坡地带主要为地下水补给径流区，河谷地带主要为排泄区，以泉水或潜流的方式排泄。

3 富锶型矿泉水分布特征及形成机理

3.1 富锶型矿泉水分布特征

目前在留坝县江口—玉皇庙一带已发现的富锶泉水。其分布特征如下：

（1）与地层岩性的关系：泉水产出地层多为石炭系袁家沟组（C_{1y}）或泥盆系星红铺组（D_{3x}）、三叠系留凤关群（T_{1l}）锶地球化学背景值较高的地层；泉水多沿断层破碎带或岩层两组不同方向裂隙交汇处凹形山坡中下部流出，一般为下降泉；多数泉点为当地饮用水源，据调查其流量较稳定。

（2）与断裂构造的关系：主要分布于江口断裂及其北侧褶皱、次级断层、裂隙发育地段附近，泉水锶含量高低与矿泉出露的含水层破碎程度有关，岩层越破碎锶含量越高。

3.2 富锶泉水水文地球化学条件

通过区内水文调查、水质分析与监测，区内地下水水质具有较强的稳定性。水质类型为HCO-Ca型或HCO-Ca.Mg型水，矿化度低，富锶泉水水质等级Ⅱ类，水质级别优良。天然水PH值在7.89~8.07左右，呈弱碱性，有利于对锶元素的溶解。水温常年在7.6-16.6℃之间，受年度与季节变化的影响小，污染指标均未超标。根据资料分析，在钙质千枚岩、砂质灰岩、灰质砂岩、钙质板岩等含锶元素高，且锶元素原子价为二价，原子序数38，原子质量为87.62，属周期系ⅡA族，为碱土金属，分布于岩石中，水中游离二氧化碳含量较高，锶易溶于水；区

内地形切割程度强烈，树枝状沟谷发育，地表水和地下水的径流交替作用较强，使岩层中锶元素转移到水中的能力及其随地下水迁移性增强，因此，区内地下水中锶元素形成的水文地球化学环境较为有利^[3]。

3.3 富锶型矿泉水岩石地球化学条件

根据实际调查和5万江口幅区调资料，在星红铺组钙质粉砂质板岩、粉砂质灰岩和石炭系变粒岩、变质砂岩、砂质灰岩和留凤关组灰质砂岩、钙质板岩中锶元素含量与变质程度正相关，从板岩到片岩、变粒岩，锶的含量逐渐升高，该类岩石中锶含量多高于地壳克拉克值375ppm，最高可达540—613 ppm，多是变质作用改造的结果。

该区矿泉水中的锶元素，主要来源于岩石。富锶矿物所在岩层，经风化、剥蚀作用，搬运到不同地区沉积，同时将含锶矿物带到各个含水层。经地下水溶滤作用，锶以离子形式进入该地区地下水系统中。当地下水与富锶矿物接触，发生作用之后，矿物解体，锶随即进入地下水，锶含量越高的岩石，地下水锶的含量越高。地下水在岩层中的停留时间越长，锶的含量越高。随着岩层的深度变深，岩层密度逐渐增大，透水能力相对变弱，可以使水和岩石长时间接触，所以地下水中锶含量是随着深度而增加的，基本呈线性关系，

本区的锶矿泉水赋存于石炭系袁家沟组砂质灰岩、泥盆系星红铺组钙质千枚岩、钙质灰岩、三叠系留凤关组灰质砂岩中，岩石中可形成菱酸锶、天青石等矿物，锶离子半径与钙镁离子相近，电价相同，常以类质同像共存于岩石中，在地下水中经常发生离子交换吸附，从而被钙、镁取代而进入水中。水不断对围岩中的锶进行溶滤交换，使水中锶的含量不断增加。其主要反应如下：



当大气降水落在补给区时，地表水沿着节理裂隙及断裂带向地下深处运移过程中以及在地下深处径流过程中，不断进行着复杂的岩—水地球化学作用，使锶以离子状态不断溶解到地下水中，当水中Sr浓度达到《饮用天然矿泉水》国家标准时，即形成矿泉水。

结束语

（1）目前在留坝县江口—玉皇庙一带发现矿泉水2处，为江口镇白庙子村包家岭泉水Q98和白庙子村四组泉水Q37，已达到《饮用天然矿泉水国家标准》中锶矿泉水标准，泉水水质好，无污染，水量较大，锶含量达标。泉水Q98锶含量在0.463mg/L、，泉水流量0.644—1.763L/S；泉水Q37锶含量在0.430mg/L、，泉水流量0.644—

1.350 L/S。以上两处矿泉水可供后期开发利用。

留坝县江口—玉皇庙一带富锶泉水分布特征为：①富锶泉水多分布在石炭系袁家沟组砂质灰岩、泥盆系星红铺组钙质千枚岩、留凤关群灰质砂岩、钙质板岩地层中，高锶含量岩石为地下水提供了锶的来源。②富锶泉水分布在江口断裂带或北侧褶皱、断层、裂隙发育地段，其导水性、渗透性、富水性较好，地下水和岩石接触面积大，接触时间长，地下水中锶溶解强度变大，锶含量较高。③区内水质类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型或 $\text{HCO}_3\text{-Ca.Mg}$ 型水，水中PH值呈弱碱性，水质等级Ⅱ类，水质级别优良，高钙、游离二氧化碳含量高的地下水氧化还原环境有利于形成富锶矿泉水。

(2)富锶泉水形成与地形地貌、地质构造、地层岩性及水文地质条件关系密切，在留坝县矿泉水调查中，出露的石炭系袁家沟组砂质灰岩、泥盆系星红铺组钙质千枚岩和砂质灰岩地层、留凤关群灰质砂岩、钙质板岩地层及江

口断裂带处为后期寻找富锶矿泉水的有利地段。

(3)富锶饮用天然矿泉水资源在我国属于新类型稀缺水资源，应加强富锶天然矿泉水的动态监测和卫生防护工作，使矿泉水能够长期合理的开发利用，促进当地经济发展^[4]。

参考文献

[1]刘晓波,韩祯,王世岩,等.长江大保护视角下鄱阳湖湿地保护的研究思考[J].中国水利水电科学研究院学报.2021,(2).201-209

[2]盛子夜,张云伟.基于机器视觉的瓶装矿泉水悬浮物自动检测方法[J].激光与光电子学进展.2020,(14)26-27

[3]刘庆宣,王贵玲,张发旺.矿泉水中微量元素锶富集的地球化学环境[J].水文地质工程地质.2005,(5).19-23

[4]刘矢,段昌盛,李彦伟,饮用天然矿泉水开发利用指标的调查与研究[J].中国资源综合利用.2021,(4)81-83