

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

南秦岭大巴山区河流、泉水、井水的含硒量 及其分布规律

雒昆利¹⁾ 徐立荣¹⁾ 向连华²⁾

1) 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京, 100101

2) 陕西省紫阳县矿产局, 陕西紫阳, 725000

内容提要 地处南秦岭大巴山地区的紫阳县是我国著名的富硒区。通过对南秦岭大巴山区几条主要河流、泉水、井水的含硒量及其分布区地层和岩石的含硒量及其相关关系分析, 结果表明大巴山地区河流、泉水、井水的含硒量与含水层及其流域分布的岩石特征、岩石的含硒量及其硒的淋失率等密切相关。其河流、泉水、井水的含硒量为0.05~15 $\mu\text{g/L}$ 。其中泉水的含硒量为0.1~1.9 $\mu\text{g/L}$, 井水的含硒量为0.05~15 $\mu\text{g/L}$, 河流的含硒量为0.3~0.7 $\mu\text{g/L}$ 。本区含硒量最高的水体为下寒武统鲁家坪组碳质板岩分布区汇水侧的井水, 其含量为2~15 $\mu\text{g/L}$ 。富硒而淋失率低、但淋失量高的下寒武统鲁家坪组分布区的泉水和井水的含硒量高, 是今后大巴山紫阳县潜在的富硒矿产水的寻找和开发的方向。含硒量低的志留纪砂岩和粉砂岩、奥陶纪白云岩、白云质灰岩以及中、晚寒武世灰岩和砾屑灰岩分布区的泉水和井水的含硒量低。

关键词 南秦岭大巴山 硒 水 下寒武统 早古生代地层

硒是与人体健康关系非常密切的生命元素, 我国有72%以上的地区处于缺硒和低硒带, 约3亿人口膳食硒摄入严重不足(陈清等, 1989; 谭见安等, 1989; 谭见安, 1991)。硒缺乏导致的地方性大骨节病、克山病和某些癌症、心血管病等疾病严重发生(陈清等, 1989; Azaizeh, 1997; Martens et al., 1997)。

地处南秦岭造山带(袁学城, 1997)的紫阳县, 自梅紫青(1985)报道了紫阳富硒后, 该地区被认为是我国第二个富硒区, 引起各方面的重视。同时又在紫阳县双安区发现了硒中毒症(梅紫青, 1985; 紫阳县志, 1989)。科学工作者对本区中硒的分布、来源及环境效应已作了大量工作(李继云等, 1982; 梅紫青, 1985; 赵成义等, 1993; 雒昆利, 1994, 1995; 雒昆利等, 1995, 2001), 李继云等(1982)在陕西省环境中的硒与大骨节病关系的研究中指出“陕西环境中的硒的分布特点以秦巴山区的变化最大, 它包括从极低硒到高硒以及有硒毒地区的多种情况”, “这一大范围内的不同地区, 甚至不同地点, 水、土、粮及人发中的硒均有很大差异”。李继云等(1982)首次对本区饮

水中的硒含量进行了报道, 安康盆地及相邻巴山区的高硒点饮水的含硒量为2.0~2.9 $\mu\text{g/L}$, 并对饮水的含硒量与大骨节病的发病率进行了分析, 这些都是开创性的工作。

但本区主要河流、泉水、井水的含硒量及其分布规律的系统研究较少, 限制了本区富硒资源的开发和规律的研究。

自1991年至今, 笔者在陕西省自然科学基金、煤炭部科学基金和煤炭部跨世纪学术带头人基金项目、国家重点基础研究专项经费资助项目(973)及安康市和紫阳县有关单位的资助下, 在大巴山的紫阳、岚皋、平利等地进行早古生代黑色岩系及共伴生元素、硒资源和富硒矿产水的调查研究中, 根据文献(紫阳县志, 1989)记载, 首先对紫阳县泉水、主要水系的发源地进行了实地调查, 最后选择了9个流量大、泉水涌出量在一年内变化不太明显的泉水的含硒量和微量元素含量, 部分典型岩石段的裂隙泉水, 紫阳县的主要河流水的硒和微量元素含量以及部分典型岩石段的汇水侧的井水含硒量进行了分析。在此基础上, 对大巴山区紫阳县境内河流、泉水、井水

注: 本文为国家重点基础研究专项(973)(编号 G1999022212-02), 中国科学院地理科学与资源研究所知识创新工程专项基金(编号 SJIOG-A00-01), 煤炭工业部跨世纪学科带头人基金(编号 2300213)资助的成果。

收稿日期: 2001-08-22; 改回日期: 2002-01-18; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 雒昆利, 女, 1959生。1989年于长春地质学院地球科学系地层古生物专业获博士学位。现为中国科学院地理科学与资源研究所研究员, 博士生导师。通讯地址: 100101, 北京大屯路917大楼, 中国科学院地理科学与资源研究所。

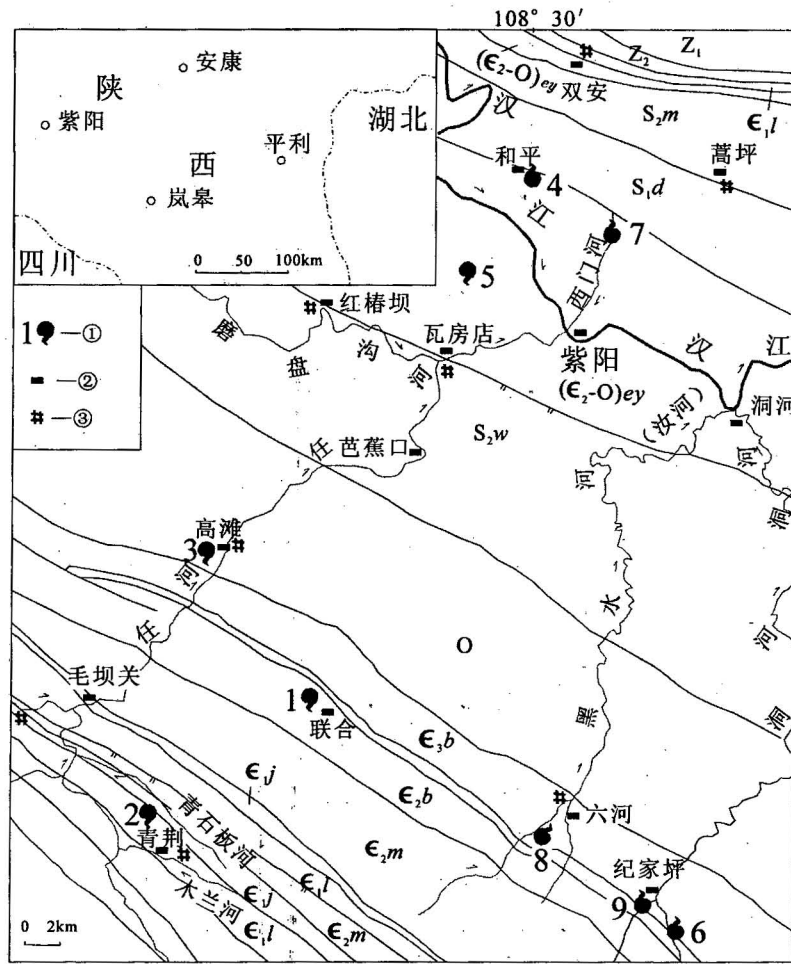


图 1 工作区地质图和采样位置图

(实测剖面图据1:20万紫阳幅地质图说明书,1966;1:20万四川城口幅—巫溪幅区域地质测量报告,1974)

Fig. 1 Geological map and sampling location in Ziyang county, south Qinling Mountain

(The material in this map come from the following: measured section; the specifications of 1:200 000 scale Ziyang, 1966 geological map; the regional geological surveying report on 1:200 000 scale geologic map of

Chengkou and Wuxi, Sichuan, 1974)

S_{2w} —中志留统吴家河组页岩、板岩; S_{2m} —中志留统梅子垭组板岩、页岩; S_{1d} —下志留统大贵坪组碳质板岩; O —下奥陶统高桥组碳质板岩等及中、上奥陶统白云岩、钙板岩等; $(E_2-O)_{ey}$ —洞河群碳质板岩、千枚岩、钙质板岩和灰岩等; E_{3b} —上寒武统八仙组灰岩; E_{2b} —中寒武统八卦庙组灰岩; E_{2m} —中寒武统毛坝关组钙板岩; E_{1j} —下寒武统箭竹坝组灰岩等; E_{1l} —下寒武统鲁家坪组碳质板岩等; Z_2 —上震旦统硅质岩; Z_1 —下震旦统; ①—泉出露点及编号; ②—乡、镇位置; ③—井水采样位置

S_{2w} —Slate and shale of Wujiahe Formation of Middle Silurian; S_{2m} —slate and shale of Mieziya Formation of Middle Silurian; S_{1d} —carbonaceous slate of Daguiying Formation of Lower Silurian; O —carbonaceous slate of Gaoqiao Formation of Lower Ordovician & limestone and calcium slate of Mid-Upper Ordovician; $(E_2-O)_{ey}$ —carbonaceous slate, phyllite, calcium slate and limestone of Donghe Group; E_{3b} —limestone of Baxian Formation of Upper Cambrian; E_{2b} —limestone of Baguamiao Formation of Middle Cambrian; E_{2m} —calcium slate of Maobaguan Formation of Middle Cambrian; E_{1j} —limestone of Jianzhuha Formation of Lower Cambrian; E_{1l} —carbonaceous slate of Lujiaping Formation of Lower Cambrian; Z_2 —siliceous rock of Upper Sinian; Z_1 —Lower Sinian; ①—spring location and sample number; ②—villages and towns location; ③—well water sampling location

的含硒量及其分布规律进行了初步分析和探讨。9个流量大的泉水的硒含量及在地表分布等部分地层的裂隙泉水和主要类型地层的井水进行了分析,发现

了4个含硒量大于 $10 \mu\text{g/L}$ 的富硒井水点,这对紫阳县的富硒资源的探寻、开发和利用,具有重要的理论和现实意义。本文介绍这一研究结果。

1 材料及方法

本区山大沟深,山坡陡峭,山沟呈V字型;该区雨量集中,年均降雨量在750~1500 mm之间,属强烈冲刷剥蚀地带。区内山溪河流遍布全区,流量较大的河流主要有汉江、任河、楚河(也称磨盘沟)、岚河、大道河、蒿坪河和权河(上游称黑水河)。地势以北中

部的汉江为界,南部最高,北部次之,而中部汉江河道经过的区域为最低。大小河流从南北山地汇集到中部汉江(图1)。

区内流量较大而稳定的多数泉为断层泉;也有许多裂隙泉,但其流量均小。表1中的9个泉均为断层泉。

表1 紫阳县几个主要泉水的硒及其他微量元素含量

Table 1 Selenium and some trace element contents of the main springs in Ziyang county, Shaanxi Province

编号	样号	时代	含水层 岩石类型	蓄水层 含硒量 ($\mu\text{g/L}$)	分析结果($\mu\text{g/L}$)					分析结果(mg/L)					
					Se	Pb	Hg	Cd	I	Li	Sr	Zn	F	H ₂ SiO ₃	游离CO ₂
1	U1	E_2	含碳灰岩	2.2	0.3	6	<1	0.4	14	0.003	0.29	0.021	0.28	6.1	9.7
2	G1	E_1	碳质板岩	22	1.9	10	<1	1.4	5	0.002	0.12	0.040	0.24	0.9	11.1
3	T1	O	白云岩等	0.08	0.1	4	<1	0.2	5	0.001	0.26	0.019	0.20	1.7	19.4
4	B1	S_1	基性火成岩,板岩	3.4	0.4	10	<1	0.3	25	0.005	0.45	0.016	0.42	8.0	2.8
5	N1	(E_{2-3}) ey	板岩,千枚岩	2.9	0.4	9	<1	0.2	5	0.002	0.38	0.014	0.42	12.5	19.4
6	Sh1	E_{2+3}	灰岩	0.1	0.1	5	<1	0.3	16	0.003	0.25	0.02	0.25	8.9	10.6
7	M1	S_1	火成岩,板岩	2.0	0.5	7	<1	0.3	20	0.002	0.45	0.10	0.45	11.9	6.57
8	L	E_{2+3}	灰岩	0.2	0.1	4	<1	0.5	16	0.001	0.30	0.01	0.20	10.1	12.5
9	JL	E_{2+3}	灰岩	0.3	0.1	6	<1	0.3	18	0.001	0.25	0.01	0.2	9.0	13.0

注:地壳岩石含硒量平均值为0.08 $\mu\text{g/L}$;样品均在西北地质研究所西北地质测试中心测试;测试方法:氢化物—原子荧光法,测试精度:水为 10^{-11} ,相对误差:10%。

1994年秋季,1996和1997年春季2~4月间,连续在上述9个泉产地采样,各采泉水样3次,共9次。泉水采样严格按GB8538.2-87(饮用天然矿泉水水样的采集和保存);井水采集了储留水;河流样采集了上述几个较大的河流的水样。采样容器用2 L无色聚乙烯塑料桶,在取样前,用10%的硝酸溶液浸泡塑料桶一昼夜后,用10%的盐酸溶液进行洗涤,再用自来水冲洗干净后,最后用蒸馏水冲洗,然后在取样现场,用待取水样的水将取样桶连续冲洗3次,取样后,加入5 mL $\pm \text{HNO}_3$ 。所有样品均在取样后一周内送至西北矿产地质测试中心(NWGLAB,为CNNC的一级实验室,经中国国家计量认证和有色地质认证)测试。测试方法:氢化物—原子荧光法,测试精度:岩石为 10^{-7} ,水为 10^{-11} ,相对误差:10%。岩样取自地表的较新鲜岩石。

2 泉水、井水、河水的含硒量

表1为9个断层泉泉水中的硒含量,其中含硒量最低为0.1 $\mu\text{g/L}$,最高达1.9 $\mu\text{g/L}$ 。表2是紫阳县几条主要河流的含硒量,其含硒量一般均在0.3~0.7 $\mu\text{g/L}$ 之间。表3是紫阳县不同地点井水的含硒量,含硒量为0.05~15 $\mu\text{g/L}$ 。本区含硒量最高的水体为下寒武统鲁家坪组黄铁矿化碳质板岩分布区汇水侧的井水,为2~15 $\mu\text{g/L}$,在毛坝关西侧井水中硒含量为

0.9~15 $\mu\text{g/L}$,其中以鲁家坪组黄铁矿化碳质板岩和黄铁矿化基性火山岩汇水区的井水含硒量最高,为10~15 $\mu\text{g/L}$ 。本区水中的含硒量变化较大,一般为0.08~15 $\mu\text{g/L}$ 。“它包括从极低硒到高硒以及有硒毒地区的多种情况”(李继云等,1982;梅紫青,1985)。

3 含水层的岩石特征和含硒量

紫阳县主要出露的是早古生代地层,以海相沉积的碳酸盐岩、含碳含硅页岩和细碎屑岩为主,夹有多层早古生代基性岩,如辉绿岩、辉绿玢岩、辉长岩及早古生代火山岩,如粗面岩、粗面质火山碎屑岩。另外,局部地区还出露有小面积的晚古生界和侏罗系的沉积。本区的挤压型断层和褶皱非常发育,受其影响,各系、各组地层呈条带状近北西向分布,并多次重复出现(图1)。

表2 大巴山区主要河流的含硒量

Table 2 Selenium content of the main rivers in Daba Mountain, Shaanxi Province

	汉江	任河	岚河	蒿坪河	黑水河	磨盘沟
Se($\mu\text{g/L}$)	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.4
采样位置	紫阳县城	芭蕉口	月池台	蒿坪	双河口	任家村

注:样品测试单位与方法同表1。

表 3 紫阳县井水的含硒量($\mu\text{g/L}$)
和其含水层岩性

Table 3 Selenium content of the well water and their
aquifer rock in Ziyang county, Shaanxi Province ($\mu\text{g/L}$)

样号	取样点	时代	含水层 岩石类型	含水层 (mg/kg)	井水含硒量		
					算术 平均值	最小 值	最大 值
1	瓦庙南	$\in_1$	碳质板岩	22.0	11	2	15
2	青荆	$\in_1$	碳质板岩	18.5	9	8	12
3	双安北	$\in_1$	碳质板岩	20.7	11	8	15
4	瓦房店	S_{1-2}	粉砂岩, 页岩	1.4	0.25	0.2	0.3
5	红椿坝	S_{1-2}	粉砂岩, 页岩	1.9	0.3	0.1	0.5
6	蒿坪	S_1	碳质板岩	12.2	3	1	5
7	六河	$\in_{2+3}$	灰岩	0.4	0.1	0.08	0.2
8	高滩	O	白云岩等	0.08	0.08	0.05	0.2

地壳岩石圈平均含硒量为 $0.08 \mu\text{g/L}$, 河流的含硒量
为 $0.111 \sim 0.325 \mu\text{g/L}$

注: 样品测试单位与方法同表1。

本区寒武系分布较广, 下寒武统以黑色碳质板岩、黑色含硅碳质板岩(鲁家坪组)和灰岩(剪竹坝组)为主(项礼文等, 1981), 它们的含硒量已作过报道(雒昆利, 1995; 雒昆利等, 1995, 2001)。中、上寒武统主要以泥灰岩、灰岩、钙板岩为主, 中夹有碳质板岩、石煤、辉绿岩及潜火山岩岩体和岩层。其中的中、下寒武统的碳质板岩和石煤普遍富硒, 是本区早古生代地层含硒量最高的, 其含量为 $22 \times 10^{-6} \sim 38 \times 10^{-6}$ (范德廉, 1981; 雒昆利等, 1995, 2001)。但上寒武统的砾屑灰岩的含硒量和本区下志留统陡山沟组的砂岩含硒量相近, 是本区最低的(雒昆利等, 2001)。

本区志留系分布较广, 其中大贵坪组及五峡河组碳质板岩普遍富硒, 但除在紫阳蒿坪一带靠近基性岩侵入体及火山岩附近的石煤和碳质板岩中的硒含量较高, 可达 30×10^{-6} 外, 总体上要比本区下寒武统鲁家坪组的硒含量低。下志留统陡山沟组的厚层状到中厚层状砂岩、粉砂岩和粉砂质泥岩的含硒量为 $0.05 \times 10^{-6} \sim 0.08 \times 10^{-6}$, 是本区最低的。

4 泉中硒的分布规律及硒的来源的初步分析

泉水及井水和含水层的含硒量关系最为密切(表1、3), 成正相关关系。含硒量较低的几个泉的主要含水层均为早古生代灰岩、钙板岩和白云岩, 如3号泉含水层为奥陶纪白云质灰岩和白云岩, 含硒量最低; 含硒量最高的2号泉含水层为下寒武统鲁家坪组的碳质板岩; 5号泉含水层为下志留统大贵坪组的

碳质板岩(表1)。含水层为碳酸盐岩的6、8、9号泉水的含硒量相对低于碳质板岩(表1)。井水和泉水含硒量具有相同规律。

但为什么围岩岩性相同的井水和泉水的含硒量存在较大的差别(表1、3)? 围岩同是下寒武统鲁家坪组碳质板岩的2号泉和1号井水的含硒量相差5倍左右, 这主要与硒的地球化学性质有关。紫阳县早古生代黑色页岩和石煤中的硒主要以黄铁矿硒(50% $\pm$)、单质硒(10% $\pm$)和有机质(40% $\pm$)(雒昆利, 1994)的形式存在。在缺氧的内生环境中, 硒同硫共生; 而在氧化带中, 硫较硒易氧化(刘英俊等, 1984)。硫化物或硒化物中的硒在地表环境中容易氧化成自然硒而混入氧化物中, 随着硫的淋失而淋失(刘英俊等, 1984, 1987; 刘家军等, 1997)。

表 4 下寒武统鲁家坪组下部碳质板岩和黄铁矿
结核及其风化物的含硒量(mg/L)

Table 4 Selenium content in carbonic slate and pyrite nodule as well as their weathering dregs of low part of
Lujiaping Formation of Lower Cambrian (mg/L)

新鲜黄铁矿结核				
岩石类型	样数	最小值	平均值	最大值
黄铁矿结核	11	83.12	91.35	112.63
黄铁矿结核	12	98.36	110.23	128.23
碳质板岩围岩	9	18.21	22.28	35.04
风化后黄铁矿结核				
岩石类型	样数	最小值	平均值	最大值
黄铁矿结核	11	81.22	89.26	112.63
黄铁矿结核	12	91.58	103.37	116.67
碳质板岩围岩	9	18.20	22.01	34.78

注: 样品测试单位与方法同表1。

表 5 南秦岭下寒武统鲁家坪组下部碳质板岩和
黄铁矿结核浸泡液含硒量(mg/L)

Table 5 Selenium content in carbonic slate and leach dregs
of pyrite nodule of low part of Lujiaping Formation of
Lower Cambrian (mg/L)

新鲜黄铁矿结核		风化后黄铁矿结核	
类型	Se	类型	Se
黄铁矿结核	70	黄铁矿结核	45
黄铁矿结核	92	黄铁矿结核	62
碳质板岩围岩	18	碳质板岩围岩	10

注: 将 5 kg 风化后的黄铁矿结核和新鲜的黄铁矿结核(磨至粒径 $<1 \text{ mm}$), 用蒸馏水, 加 10% 左右的冰醋酸, 使其 pH 值为 5.2 左右。液固比为 5:1, 8 h 振荡, 16 h 浸泡, 重复 2 次, 分析浸泡液(取平衡样)。假设黄铁矿结核和新鲜的黄铁矿结核中由弱酸性蒸馏水浸出的那部分硒, 在表生条件下也是容易被风化而带出岩石和石煤中的, 而残留在蒸馏水浸取后的残渣中的那部分硒, 表明它们在自然条件下是相对稳定的。

下寒武统鲁家坪组的碳质板岩富含黄铁矿晶体

或黄铁矿结核,其较深部的新鲜黄铁矿晶体和结核在室内放置2个月后,全部风化为土状碎屑物。笔者对新鲜黄铁矿结核和风化后的黄铁矿结核的含硒量和它们的浸泡渣中的含硒量进行了分析和比较(表4、5),发现黄铁矿风化后的淋失率远远大于新鲜的黄铁矿结核。表层岩石中的黄铁矿和岩石中的硒经过长期的风化剥蚀后而易淋失,而深部岩石中的黄铁矿虽含硒量相对于表层岩石要高,但不易淋失。所以,即使围岩的岩性和含硒量相同,来之较深部位泉水的含硒量低于井水的含硒量。

5 结论

紫阳县水中的含硒量变化较大,一般为0.05~15 $\mu\text{g/L}$ 。水体的含硒量与含水层及其流域分布的岩石类型及含硒量、岩石中硒的淋失率等密切相关。

富硒的下寒武统鲁家坪组碳质板岩和石煤分布区的汇水侧的井水含硒量可达10 $\mu\text{g/L}$,甚至更高,含硒量达到和超过了含硒矿泉水的界线值指标($\geq 0.01 \text{ mg/L}$),是今后利用大巴山潜在富硒矿泉水的方向。上述的9个泉水中8个为优质的锶矿泉水(表1),遗憾的是其所有泉水的含硒量均未达到含硒矿泉水的界线值指标,双安北和毛坝关西的井水含硒量达到和超过了含硒矿泉水的界线值指标,但它们均为储留水,不符合矿泉水的采样要求,尚需进一步工作。

参 考 文 献

- 陈清,卢国垠. 1989. 微量元素与健康. 北京:北京大学出版社,166~181.
- 范德廉. 1981. 南方几省下寒武统黑色岩系及层状多金属富集层. 沉积岩石学研究(论文集). 北京:科学出版社.
- 李继云,任尚学,陈代中. 1982. 陕西省环境中的硒与大骨节病关系的研究. 环境科学学报,2(2):91~100.
- 刘家军,郑明华,刘建民,等. 1997. 西秦岭寒武系层控金矿床中硒的矿化富集及其找矿前景. 地质学报,71(3):266~273.
- 刘英俊,等. 1984. 元素地球化学. 北京:科学出版社.
- 刘英俊,邱得同,等. 1987. 勘探地球化学. 北京:科学出版社,24~27.
- 雒昆利. 1994. 陕西省古生代黑色岩系及煤系共生矿产. 西安:西北大学出版社.
- 雒昆利. 1995. 南秦岭下古生界石煤的富硒性及意义. 长春地质学院学报,25(2):126~130.
- 雒昆利,姜继圣. 1995. 陕西紫阳、岚皋下寒武统地层中硒的分布规律. 地质地球化学,1(1):68~72.
- 雒昆利,潘云唐,王五一,谭见安. 2001. 南秦岭早古生代地层含硒量及硒的分布规律. 地质评论,47(2):211~217.
- 梅紫青. 1985. 我国发现的两个硒区综述. 中国地方病杂志,(4):379~385.
- 谭见安,李日邦,侯少范,等. 1989. 环境硒与健康. 北京:人民卫生出版社.
- 谭见安. 1991. 中华人民共和国地方病与环境图集. 北京:科学出版社.
- 项礼文,等. 1981. 中国的寒武系. 北京:地质出版社.
- 袁学城. 1997. 秦岭造山带地壳构造与楔入成山. 地质学报,71(3):227~235.
- 赵成义,任景华,薛澄泽. 1993. 紫阳富硒区土壤中的硒. 土壤学报,30(3):253~259.
- 紫阳县志编纂委员会. 1989. 紫阳县志. 西安:三秦出版社,650~652.
- References**
- Azaizeh H A. 1997. Microbial selenium volatilization in rhizosphere and bulk soils from a constructed wetland. J. Environmental Quality, 26: 666~672.
- Fan Delian. 1981. Metal Enrichment-Layer in Lower Cambrian Black Rock in South China. Study on Sediment and Petrology (Thesis Volume). Beijing: Science Press (in Chinese).
- Li Jiyun, Ren Shangxue, Chen Daizhong. 1982. Study on relation between selenium in Shaanxi environment and big-condyle illness. Acta Scientiae Circumstantiae, 2(2): 91~100 (in Chinese).
- Liu Jiajun, Zheng Minghua, Liu Jianmin, et al. 1997. Selenium enrichment in Cambrian stratabound gold deposits in western Qinling Mountain: Characteristics origin and prospects. Acta Geologica Sinica, 71(3): 266~273 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yingjun, et al. 1984. Element Geochemistry. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Liu Yingjun, Qiu Detong, et al. 1987. Prospect Geochemistry. Beijing: Science Press, 24~27 (in Chinese).
- Luo Kunli. 1994. Accompanied and Associated Ores of the Paleozoic Black Shale and Coal, Shaanxi Province, China. Xian: Northwest University Press (in Chinese).
- Luo Kunli. 1995. Rich in selenium of Early Paleozoic stone coal and its significance, South Qinling Mountain. Journal of Changchun University of Geosciences, 25(2): 126~130 (in Chinese).
- Luo Kunli, Jiang Jisheng. 1995. Distributing pattern of selenium of Lower Cambrian in Ziyang and Langao County, Shaanxi, China. Jour. Geology-geochemistry, (1): 68~72 (in Chinese).
- Luo Kunli, Pang Yuntang, Wang Wuyi, Tan Jianan. 2001. Selenium content and distributing pattern of Paleozoic strata in South Qinling Mountain, Shaanxi. Geological Review, 47(2):211~217 (in Chinese with English abstract).
- Martens D A, Suarez D L. 1997. Selenium speculation of marine shales, alluvial, and evaporation basin soils of California. J. Environmental Quality, 26: 424~434.
- Mei Ziqing. 1985. Summarize on two rich in selenium area of our Country. Chinese Journal of Endemic, (4): 379~385 (in Chinese).
- Tan Jianan, Li Ribang, Hou Shaofan, et al. 1989. Selenium in Environment and Health. Beijing: People's Health Publishing House (in Chinese).
- Tan Jianan. 1991. Atlas of Endemic Diseases and Their Environment

- in People's Republic of China. Beijing: Science Press (in Chinese). 135 (in Chinese with English abstract).
- Xiang Liwen, et al. 1981. The Cambrian System of China. Beijing: Geol. Publ. House (in Chinese). Zhao Chengyi, Ren Jinghua, Xue Chengze. 1993. Selenium of soil in rich selenium area-Ziyang. *Acta Pedologica Sinica*, 30(3): 253~259 (in Chinese).
- Yuan Xuecheng. 1997. The crustal structure of the Qinling orogen and wedging mountain building. *Acta Geologica Sinica*, 71(3): 227~

Selenium Content in the Water of the Rivers, Springs and Wells in the Daba Mountain Area of the South Qinling Mountains and Its Distribution Pattern

LUO Kunli¹⁾, XU Lirong¹⁾, XIANG Lianhua²⁾

1) *Institute of Geographical Sciences and Natural Resource, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101*

2) *Shaanxi Mineral Bureau of Ziyang County, Ziyang, Shaanxi, 725000*

Abstract

Ziyang county in Daba Mountain, which lies in the South Qinling Mountains, is considered a famous area rich in selenium in China. The relations between the selenium content of the water of the main rivers, springs and wells, as well as the lithologic characters, the selenium content of the rocks in this area are studied in this paper. The results show that the selenium content of the water is closely related to the lithologic characters, the selenium content and its leaching rate of the aquifer and the water drainage region. The selenium content in the water of this area is about 0.05~15 $\mu\text{g/L}$; specifically, it is 0.1~1.9 $\mu\text{g/L}$ for springs, 0.05~15 $\mu\text{g/L}$ for wells and 0.3~0.7 $\mu\text{g/L}$ for rivers. The selenium content has the highest values in the wells in the carbonaceous slate area on the catchment side of the Lower Cambrian Lujiaping Formation, which range from 2 to 15 $\mu\text{g/L}$. The springs and wells in the above area are rich in selenium, and have a low leaching rate but the amount of leaching is large. It will be a potential source for searching for and exploring selenium-mineral water in Daba Mountain in future. In the areas distributed by Silurian siltstone and sandstone, Ordovician dolomite and dolomitic limestone, as well as Middle-Upper Cambrian limestone and calcirudite, the selenium content of the water in springs and wells is low.

Key words: Daba Mountain; selenium; water; Lower Cambrian; Early Palaeozoic strata