

贵州地氟病氟源探讨 ——以黔中地氟病区地质环境调查为例

谢兴能¹ 杨秀忠² 杨胜元¹ 张建江¹ 赵 宾¹

(1.贵州省地质环境监测院,贵州 贵阳 550004;2.贵州省地质矿产勘查开发局第二工程勘察院,贵州 遵义 563000)

摘要:燃煤型地氟病是中国西南地区特有的一种地方性疾病,但氟的来源尚存在争议。织金县、纳雍县和平坝县地氟病区水样、煤样及土壤样的采集分析结果表明,在高氟煤和劣质煤开采使用区,导致氟中毒的氟主要来自煤炭;而在其他地氟病区,氟主要来自土壤粘化层;单纯饮水中的氟不至于引起氟中毒。关停劣质煤和高氟煤生产煤窑,使用其他帮助粉状煤炭燃烧和使用的天然物料可以减轻氟中毒的危害。

关键词:地氟病;煤;土壤;水

中图分类号: X141 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)03-0696-08

地方病是指在一定地区内发生的生物地球化学性疾病、自然疫源性疾病和与不利于人们健康的生产生活方式密切相关疾病的总称。中国是地方病流行较为严重的国家,除上海外,全国各省、市都不同程度地存在地方病的流行,主要有碘缺乏病、地方性氟中毒、地方性砷中毒、大骨节病、克山病等。贵州主要的地方病有碘缺乏病、地方性氟中毒和地方性砷中毒;地氟病流行于 42 个县市,是影响最为严重的地方性疾病。地方病的流行已成为制约贵州省经济社会发展的一个重要因素。由于致病原因的复杂性,贵州燃煤型地氟病的氟源问题尚存争议。

地氟病是一个古老的疾病,是以牙和骨损害为主要特征的全身性病变。据已有研究综述^[1-4],1916 年 McKay 认为氟斑牙流行与饮水有关;1931 年 Churchill 证实氟斑牙是由于饮水中含氟量高所致;Feil 首先报道了职业性氟中毒,丹麦开采冰晶石矿引起的矿工骨骼氟中毒证实了该报道;1946 年 Lyth 报道了贵州省威宁县的 4 例氟骨症患者和 134 例儿童的氟斑牙,文中包含饮水氟的测定结果,但后人无

法重复这一结果。此后,国内外相继对中国西南地区非水源性的地氟病进行了研究^[5-12]。本文以黔中和黔西产煤地区织金县、纳雍县和平坝县地氟病地质环境调查所取得的结果作案例分析,探讨了燃煤型地氟病的氟源。确定地氟病病区地质地球化学特征有利于阐明氟的主要来源,进而开展有针对性的地氟病治理,对提高地氟病区居民健康水平、促进经济发展有重要的意义。

1 环境地质背景

贵州省地方性氟中毒的重病区主要分布在黔西北,其中以织金、毕节、大方和威宁等县尤为严重。调查区海拔为 1300~2200 m,是由高原面切割而成的山地。区内气候温和湿润,秋季多阴雨,自然土壤为山地黄壤和山地黄棕壤。贵州地处新华夏系第三褶皱带与沉降带的南部和南岭纬向构造带的复合部位,调查区内碳酸盐岩分布广,形成大面积的喀斯特地形;砂岩、泥页岩等碎屑岩类分布较少;二叠系上统为以峨眉山玄武岩为主的岩浆岩类(P_{3em});第四

收稿日期: 2010-04-05; **改回日期:** 2010-04-20

基金项目: 贵州省公益性、基础性地质基金项目(黔国土资发[2007]172号)、贵州省科技基金(合同号:黔科合J字[2008]2237号)及中国科学院地球化学研究所环境地球化学重点实验室开放式基金联合资助。

作者简介: 谢兴能,男,1973年生,博士,高级工程师,水文地质、工程地质及环境地球化学专业;E-mail:xxneng@yahoo.com.cn。

系(Q)主要为松散岩类,有冲积、洪积、残坡积、洞穴堆积物(粘土、砂砾石)等。其中以二叠系和三叠系地层出露最广泛,二叠系含煤地层为三县重要的含煤地层。

2 采样与实验方法

为了查明织金、纳雍和平坝 3 县地氟病氟源,笔者在县级卫生防疫部门建议的地氟病重病区进行采样布点,对病村进行走访调查及野外现场调查并采集了水样、土壤样和煤样等。其中,采集水样 76 件,主要进行简分析测试;土壤采集 355 件,主要分析 As、Cd、F、Hg 和 CaO 等,由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所实验室进行测试;含煤成分样品采集 53 件,主要测试 As、F、全硫和灰分,由贵州大学农产品食品质量安全检测中心测试,砷用原子荧光法,氟、全硫和灰分按国家标准进行测试。

3 结果与讨论

3.1 水样测试结果与讨论

在采集的 76 件水样中,有 4 件地表水和 2 件塘水,基本覆盖所调查村庄饮水水质状况。测试结果(表 1)表明,水的含氟量最高为 0.44 mg/L,全部水样含氟量都低于国家现行水质标准(1.0 mg/L),多数在检测限之下,水样平均含氟量 0.09 mg/L。这表明水源不是引起地氟病的原因。

氟是人体必需的微量元素,对人体骨骼和牙釉质的形成起着十分重要的作用。人可以从饮用水、食物和大气摄取氟,当饮用水中氟含量低于 0.5 mg/L 时,儿童龋齿发病率增高;高于 1.5 mg/L 时,导致牙齿和骨骼的氟中毒^[6,10,13,14]。各国饮用水标准不同,一般为 0.5~1.5 mg/L,中国饮用水标准为 1.0 mg/L。对贵州这 3 个县水样分析的结果表明,地下水和地表水的含氟量均低于 0.5 mg/L,表明在不考虑其他因素的情况下,通过饮水摄取的氟较低,易引发儿童龋齿。本次研究采集的水样来自工作区内不同含水层,

都是现在的或曾经使用过的饮用水源。通过分析,水氟含量较低的原因可能是:(1)三县采样村庄水源为表层泉水和地表水,主要接受大气降水的补给,补给通道为土壤孔隙、基岩裂隙、岩溶孔隙及溶隙。工作区碳酸盐岩分布广,气候湿润多雨,降水入渗补给时程短,雨水与入渗通道介质交换时间短,介质中氟化物仅少量溶解;(2)虽然一些入渗水有充分时间与入渗通道介质进行交换,如采集的一些岩溶大泉水样,但这些通道介质所含的氟化物不易被溶解,有研究指出地质环境中丰富的钙抑制了氟在地下水中的积蓄^[15],降雨对地下水充分的补给也不利于包括氟在内的矿物质浓缩过程。

3.2 煤样测试结果及讨论

笔者采集了块煤、粉煤、拌有粘土煤泥及煤矸石样品。煤样采自二叠系龙潭组和梁山组。龙潭组煤的开采量最大,为三县主要产煤层位。全部的二叠系龙潭组煤样含氟量变化范围为 62~719 $\mu\text{g/g}$,平均含氟量为 202 $\mu\text{g/g}$;梁山组在三县区域内分布少,主要产于织金县城关镇干河村等地,煤层薄,产量低,煤质较差,采集的 1 个煤样氟含量为 844 $\mu\text{g/g}$ 。煤矸石氟含量为 285~644 $\mu\text{g/g}$,平均 444 $\mu\text{g/g}$;而拌粘土粉煤氟含量为 286~1190 $\mu\text{g/g}$,平均为 507 $\mu\text{g/g}$ (表 2)。

采集的 40 个煤样均为无烟煤,二叠系龙潭组煤系 39 个煤样平均含氟量达 202 $\mu\text{g/g}$ 。20 世纪 80 年代郑宝山研究员在贵州省织金县的 30 个产煤乡采集煤样 34 个,平均氟含量为 143 $\mu\text{g/g}$ ^[6],显然本次煤样氟含量平均值明显较高。通过分析,发现织金县城关镇的荷花村和大寨村、普翁乡的化落村煤的氟含量高于其他地方的;块煤的氟含量低于粉煤的,矸石氟含量要高于粉煤的氟含量。

煤的氟含量受成煤物质来源、成煤环境、后期地质地球化学作用等多种因素的影响。煤中氟含量较高的原因可能是煤炭形成时期火山及地壳活动频繁,大量氟或以气态被植物吸收,或以生态与植物共同沉积,经过成煤阶段形成富氟煤炭;区域岩浆活动

表 1 织金、纳雍和平坝县水样含氟量变化

Table 1 The variation of fluorine content in water samples from Zhijin, Nayong and Pingba Counties

氟含量 (mg/L)	<0.02	0.02~0.05	0.05~0.10	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	>0.4
样品数/个	31	3	10	18	5	5	4
均值 mg/L		0.04	0.06	0.11	0.24	0.32	0.41

注:由贵州省地矿局第二工程勘察院实验测试中心测试,检出限 0.02 mg/L。

表 2 织金、纳雍和平坝县煤样含氟量测试结果($\mu\text{g/g}$)
Table 2 The test result of fluorine content of coal samples from Zhijin,
Nayong and Pingba Counties ($\mu\text{g/g}$)

采样地点	全氟	均值	标准方差	采样地点	全氟	均值	标准方差
粉煤(晚二叠世龙潭组煤)		240.0	144.9	织金县城关镇荷花村	477		
纳雍县董地乡街上村	112			块煤		92	27.6
纳雍县龙场镇龙场村	112			纳雍县化作乡	83		
纳雍县王家寨镇鸡场村	143			纳雍县鬃岭镇十五公里煤矿	91		
织金县实兴乡下坝村	320			纳雍县勺窝乡没天地村	79		
织金县三塘镇岩洞口村	227			织金县以那镇良山煤矿	75		
织金县少普乡新地村	134			织金县绮陌乡大沟村	83		
织金县珠藏红岩脚煤矿	112			织金县珠藏镇公路内测	62		
织金镇县普翁乡化落村	535			织金县城关镇大寨村	71		
织金县板桥乡玉龙村	115			织金县化起镇老鹰村	106		
织金县绮陌乡岭岗村	150			平坝县十字乡九甲村	107		
织金乡绮陌乡大沟村	201			平坝县天龙镇高燕村	159		
织金县化起镇木弄村	231			拌粘土粉煤		507.0	275.9
织金县化起镇老鹰村	100			纳雍县龙场镇龙场村	1190		
织金县以那镇良山煤矿	127			纳雍县王家寨镇鸡场村	320		
织金县牛场镇半处村	150			织金县城关镇大寨村	457		
织金县牛场镇群光村	190			织金县实兴乡下坝村	450		
织金县牛场镇大冲村	380			织金县绮陌乡大沟村	360		
织金县城关镇大寨村	369			平坝县齐佰乡下寨村	431		
平坝县齐佰乡下寨村	358			平坝县齐佰乡下寨村	286		
平坝县齐佰乡下寨村	271			平坝县乐平乡塘乐村	644		
平坝县乐平乡小竹林煤矿	240			平坝县十字乡云盘村	428		
平坝县乐平乡塘乐村	233			矸石		444.0	182.8
平坝县天龙镇高燕村	169			织金县以那镇良山煤矿	644		
平坝县十字乡九甲煤矿	239			平坝县十字乡九甲煤矿	285		
平坝县十字乡九甲村	202			平坝县乐平乡小竹林煤矿	404		
平坝县十字乡云盘村	201			织金县绮陌乡二塘村(煤泥)	320		
平坝县天龙镇天台村	134			织金县城关镇干河村(梁山组煤)	844		
织金县城关镇荷花村	719						

注:由贵州大学农产品食品质量安全检测中心用高温燃烧-水解法测试,实验误差小于 10%。

和构造运动有可能使煤层中的氟进一步富集,但使煤层发生接触变质作用的岩浆活动会使原来富集的氟发生运移并从煤层中逸失^[7]。在我们采集的煤样中,接近峨眉山玄武岩顶部的煤样氟的含量较高,如织金县实兴乡下坝村和织金县牛场镇大冲村的煤样,含氟量分别达到 $320\mu\text{g/g}$ 和 $380\mu\text{g/g}$,这可能是岩浆活动产生的影响。对同一地点采集的块煤和粉煤氟含量进行对比发现,粉煤氟含量高于块煤,分

析其原因可能有两种:一是粉煤来源于块煤开采过程中形成的,粉煤氟含量与块煤的氟含量相近,仅有少量矸石在采煤过程中混入粉煤中;另一种情况是煤在后期地质构造活动中,受到挤压破碎,在开采时已经是粉煤,混有更多矸石成分,而块煤在这类煤中占有成分少,从而反映在粉煤与块煤的氟含量上,有较大的差异。在织金县城关镇荷花村和普翁乡化落村(化落村燃煤来自于桂果乡)一带,粉煤的氟含量

整体偏高(荷花村 2 件样,化落村 1 件样),灰分含量偏高,从 25.7%到 52.5%,煤质稍差。在这个区域,构造较发育,如有桂果背斜,穿过荷花村一带的断裂构造等,这些构造及热液蚀变可能导致这一带煤中氟含量升高,具体原因尚待进一步研究。这表明这一带的高氟煤也是氟中毒的一个来源,与王尚彦等的研究一致^[18-19]。

二叠系梁山组煤系在三县出露较少,仅在织金县城关镇干河村公路边取得一个煤样,煤层薄,以煤线形式出露,煤质较差,为粉煤,其含氟量高,灰分大。可能原因是后期热液作用,导致煤变质,热液中氟成分被吸附或固定,并带入其他一些成分,造成高氟煤质。从重病区采集的煤样分析看,这些劣质煤的开采使用是导致一些区域氟中毒的原因。

三县由于地势较高,气候阴冷潮湿;原生森林砍伐殆尽,次生林和人工林受到保护,当地居民无法以木材作为生活燃料,而煤炭资源则相对丰富,因此大多使用无排烟设施的敞灶烧煤,常年昼夜不熄,既做饭取暖又烘烤粮食。由于炉灶没有排烟设施、室内通风不畅,空气中氟浓度很高,产生粮食受烟尘污染含氟很高,空气和粮食的高氟导致人体摄氟过量引起慢性氟中毒^[15,20-23]。在调查区,粉煤的价格只有块煤的 1/3,考虑经济原因,贫困的农户不得不主要使用粉煤,而如上分析知道粉煤氟含量偏高,可能也是导致氟中毒的一个原因。值得注意的是,经浮选后留下的煤泥,成为一些农户的燃料(表 2),测试发现,其氟含量高达 320 $\mu\text{g/g}$,使用该煤泥后可能使某些氟中毒轻微的人群病情加重。据李永华等^[24]的研究,认为燃煤型氟污染的安全阈值在 250 $\mu\text{g/g}$ 。笔者调查发现,仅燃烧煤,绝大部分煤氟含量低于该值,粘土氟的加入仅在那些使用粉煤的家庭,但地氟病在三县区域内较普遍,氟浓度究竟处于多高浓度为安全阈值,尚未进行更详细的研究,有待于今后更深入的研究。

3.3 土壤剖面中的氟含量及讨论

对 4 个典型土壤垂直剖面进行了系统采样分析,其中重病区土壤剖面 3 个(每个县 1 个土壤垂直剖面),轻病区土壤剖面 1 个。4 个土壤剖面中织金和纳雍县的土层为坡积物构成,平坝县的为风化残积物组成。鉴于当地居民实际上使用土壤耕作层之下的粘化层作为煤粉的拌煤材料,而且土壤粘化层的氟含量与氟中毒的流行具有直接关系,因此本次研究中只采取了耕作层之下的土壤剖面样品。

总体上,耕作层之下的土壤剖面样品中氟的含量由浅至深逐渐升高。织金县城关镇荷花村土壤剖面含氟量从 610 $\mu\text{g/g}$ 增加到 745 $\mu\text{g/g}$,变幅为 135 $\mu\text{g/g}$;纳雍县龙场镇龙场村土壤剖面含氟量从 2240 $\mu\text{g/g}$ 增加到 2520 $\mu\text{g/g}$,变幅为 281 $\mu\text{g/g}$;平坝县乐平乡小屯村土壤剖面含氟量从 1310 $\mu\text{g/g}$ 增加到 1660 $\mu\text{g/g}$,变幅为 305 $\mu\text{g/g}$;织金县鸡场乡木货村土壤剖面含氟量从 1870 $\mu\text{g/g}$ 增加到 4460 $\mu\text{g/g}$,变幅为 2580 $\mu\text{g/g}$,该土壤剖面氟含量变幅最大,近 2.4 倍。对不同地区的土壤剖面氟含量进行比较,地氟病重病区与轻病区土壤氟含量的差别并不显著。

土壤是母岩经风化成土作用形成的地表松散物质,具有继承母岩物质特征的特点。不同岩石含氟量不同,但在研究区内,土壤氟含量明显高于母岩。分析的 54 件岩石样品中,大多含氟量低于 500 $\mu\text{g/g}$,而土壤中氟含量远高于此值。土壤从上至下,氟含量有增加的趋势。郑宝山认为西南氟病区气候温暖、潮湿,风化作用极为强烈是影响氟在粘土中富集的环境因素。在强烈的淋溶、富铁铝化和粘土化作用过程中,岩石风化释放出来的氟有相当一部分尚未来得及被水淋溶,就被新生成的次生粘土矿物或铁铝氧化物胶体所俘获。由于这一过程进行的比岩石风化过程中氟的淋失更强烈,因此土壤的含氟量高于岩石的氟含量,特别是富含粘土矿物和铁铝氧化物胶体的粘化层含氟最高^[5]。根据水系沉积物化探测定,贵州氟背景值为 679 $\mu\text{g/g}$,呈中、高地球化学背景分布,分布在中、上二叠统至下、中三叠统含凝灰质硅质碎屑岩和局限台地碳酸盐岩风化形成的土壤中^[25]。从我们的分析测试可知,土壤氟在二叠系至三叠系碳酸盐岩风化的土壤中含量相对较高,所显示的 4 条剖面中有 3 条是碳酸盐岩风化的土壤,个别土层氟含量高达 4460 $\mu\text{g/g}$ 。而泥岩、砂岩风化形成的土壤氟含量较低,如土壤剖面 A 所示,明显低于其他 3 个剖面氟含量的一半。在二叠纪晚期和三叠纪碳酸盐岩中,夹含有多层火山凝灰岩,这些岩样的氟含量可达 5000 $\mu\text{g/g}$ 以上。在碳酸盐岩岩层风化成土过程中,这些火山凝灰岩中的氟也会进入土壤,这可能是导致碳酸盐岩风化形成的土壤中氟含量较高的一个原因。研究区域内粘土岩类岩层中不含凝灰岩质夹层,这类岩石含氟量一般较低,因此粘土岩类风化所形成的土壤氟含量低于碳酸盐岩风化形成的土壤。居民所取的拌煤粘土,主要是土壤层中除掉表土层后

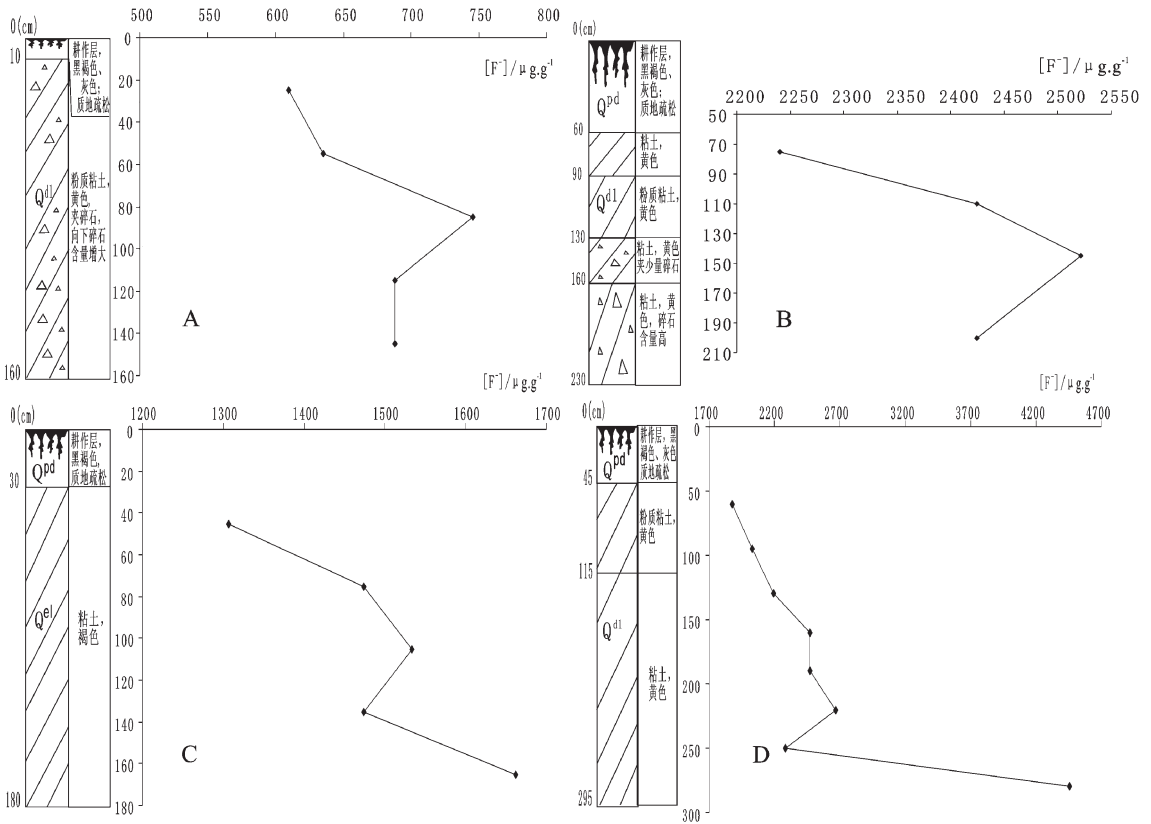


图 1 土壤剖面含氟量变化

A—织金县城关镇荷花村剖面(重病区);B—纳雍县龙场镇龙场村剖面(重病区);
C—平坝县乐平乡小屯村剖面(重病区);D—织金县鸡场乡木货村剖面(轻病区)

Fig.1 Fluorine content in soil profiles

A—The section of Hehua Village in Zhijin County (heavy fluorosis area);B— The section of Longchang Village in Nayong County (heavy fluorosis area);C— The section of Xiaotun Village in Pingba County (heavy fluorosis area); D—The section of Muhuo Village in Zhijin County (slight fluorosis area)

的土壤,当地居民选择拌煤粘土是选择粘性大的粘土,遵循就近、方便的原则,不刻意选择某种土壤为拌煤的粘土。采用虹吸法测定土壤粘粒含量显示,当地土壤中粘粒含量大多在30%左右;显然,选择拌和煤的粘土,这些土壤中粘粒成分较高,均可选用。根据以上分析,作为助燃剂,选择泥岩类碎屑岩风化形成的低氟粘土可有效降低氟中毒风险。

根据走访调查,三县调查农户反映使用粘土拌和粉煤的一般比例是1:3,即1份粘土拌和3份粉煤。因此,当粘土氟含量远高于粉煤时,造成氟中毒的氟将主要来自粘土。如在纳雍县龙场镇龙场村,所使用的粉煤氟含量为112 μg/g,而拌和粘土后则高达1190 μg/g,超过原粉煤的10倍,按此计算,粘土氟含量应为3350 μg/g,但采集的土壤样品平均氟含量在2300 μg/g左右,显然粘土的比例稍微高一

些。如果在燃烧过程中,粉煤和粘土中的氟按照同样的比例排放到空气中,则释放到空气中的氟有93.7%来自粘土,只有6.3%来自煤炭。在织金县荷花村,泥岩等风化形成的粘土,接近甚至低于粉煤氟含量(表3)。土壤主要是由有一定结构组成的松散物质,粘土则是土壤中粘粒含量较高的一种特殊的土壤。在荷花村,土壤氟低于900 μg/g;当地居民选择拌煤粘土主要是灰白色的粘土,此类粘土粘粒含量高,呈蒙脱石化的粘性土。测试表明,这类粘土氟含量高可达1800 μg/g,但大部分在700 μg/g左右(产生同类粘土氟含量差异大的原因需要进一步深入研究),而煤氟含量高达1060 μg/g,按照当地拌和粉煤习惯(粘土拌和粉煤的一般比例是1:3),显然是由高氟煤导致氟中毒。这些分析表明,高氟煤是引起该荷花村等地氟中毒的主要来源。

表 3 织金县荷花村煤、土壤及拌煤粘土氟含量 ($\mu\text{g/g}$)
Table 3 Fluorine content of coal, clay and soil from Hehua Village of Zhijin County ($\mu\text{g/g}$)

样品名称	采样地点	氟含量
煤	荷花村居民存煤(本地煤)	910 ^a
煤	荷花村南约 500m 龙潭组煤层露头	1060 ^a
灰白色粘土	荷花村居民拌煤用粘土	840 ^a
灰白色粘土岩(地下水浸泡)	荷花村居民采集粘土岩野外露头点(龙潭组底部)	710 ^a
灰白色粘土岩(田水浸泡)	荷花村居民采集粘土岩采集点(龙潭组底部)	1800 ^a
煤	荷花村居民煤(本地产)	477
煤	荷花村进村公路路口煤层露头	719
土壤	荷花村上寨组	541
土壤剖面 1	荷花村上寨组(2 个样品均值)	457
土壤剖面 2	荷花村下寨组(4 个样品均值)	765
土壤	荷花村下寨组	443
土壤剖面 3	荷花村塘边组(2 个样品均值)	737
拌煤粘土	荷花村塘边组公路边	408
土壤剖面 4	荷花村松林组(3 个样品均值)	653
土壤剖面 5	荷花村松林组(6 个样品均值)	702
土壤	荷花村松林组	661
土壤	荷花村新发组	875

注:由地球物理地球化学勘查研究所测试,采用离子选择性电极测试,检出限 $100\mu\text{g/g}$;

a 样品数据引自文献[18]和[19]。

3.4 氟源的确定及采取的措施

通过对贵州 3 个县典型氟中毒病区的调查和样品分析可认为,导致燃煤型氟中毒的氟来源构成在不同的氟中毒病区存在差别。在煤炭氟含量高于拌煤粘土的情况下,氟主要来自高氟煤炭;在拌煤粘土氟含量远远大于煤炭氟含量的情况下,氟主要来自粘土;在不考虑煤炭和粘土中的氟高温下释放规律的情况下,粘土氟含量高于煤氟含量的比例达 3 倍以上时,氟主要来自粘土;反之则是煤贡献了大部分的氟。根据不同区域煤炭氟含量的不同,在推行改炉改灶工作及其他现有预防氟中毒措施的同时,有必要探索一些有效措施以降低居民用煤的氟含量。关闭非法开采劣质高氟煤炭的小煤窑,避免将合法煤窑产出的高氟(一般都是高灰分煤炭)煤炭供给农村居民使用,禁止将洗煤厂的废弃物—煤泥作为燃料使用,这些措施都会在降低氟中毒危害方面发挥积极作用。同时,应该积极发展低氟型煤的生产和供应,改变直接使用原煤的习惯。此外,发展农村非化石能源的开发与利用,如农村利用沼气,不仅将从根本上消除氟中毒的危害,而且将有效降低化石二氧化碳排放,减缓全球气候变化的危害,对此应下大力量予以研究和推广。

4 结 论

根据在织金、纳雍、平坝 3 个县氟中毒地区的实地调查和病区水样、煤样、土壤样及拌煤粘土样氟含量的分析,笔者得出如下结论:

(1)居民饮用水中的氟含量不足以引起氟中毒;在一些缺乏煤作燃料的地区,因摄氟量不足,可能因氟缺乏导致龋齿的高发;

(2)高氟、劣质粉煤是引起部分氟中毒的原因之一;

(3)三县导致地氟病的氟大部分来自拌煤粘土,碳酸盐岩高度风化形成的富氟粘土是其典型代表;

(4)应避免将高氟劣质粉煤供给农村居民使用,禁止使用洗煤厂的废弃物—煤泥作为燃料,改变直接使用原煤的习惯,积极发展低氟型煤的生产和供应,以及发展农村非化石能源。选取近地表含氟量稍低的土壤粘化层,或采用粘土岩风化形成的粘土代替高氟拌煤粘土,能减轻氟中毒的危害,但不能彻底杜绝氟中毒的发生。

致谢:本文得到贵州省地质矿产勘查开发局王砚耕研究员的悉心指导,在开展三县野外调查及论文写作中得到郑宝山研究员的指导与校审,谨此致谢!

参考文献 (References):

- [1] 贵阳医学院. 地方性氟病[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1986: 17.
Guiyang Medical College. Endemic Fluorosis[M]. Guiyang: Guizhou People Publishing House, 1986: 17(in Chinese).
- [2] 郑宝山, 吴代赦, 王滨滨, 等. 导致燃煤型氟中毒流行的主要地球化学过程[J]. 地方病学杂志, 2005, 24(4): 468-471.
Zheng Baoshan, Wu Daishe, Wang Binbin, et al. Geochemical process of the prevalence of coal-burning endemic fluorosis [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2005, 24(4): 468-471(in Chinese).
- [3] Reddy D Raja, Deme Srikanth R. Skeletal Fluorosis [OL]. <http://www.medvarsity.com/vmu1.2/dmr/dmrdata/cme/fluorosis/Fluorosis.htm>.
- [4] 孙殿军, 王丽华. 国际氟研究最新进展——第 24 届国际氟研究协会学术会议[J]. 中国地方病学杂志, 2002, 21 (5): 410-412.
Sun Dianjun, Wang Lihua. The new progress of international fluoride research—The 24th World Conference of the International Society for Fluoride Research [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2002, 21 (5): 410-412 (in Chinese with English abstract).
- [5] Finkelman R B, Orem W, Castranova V, et al. Health impacts of coal and coal use: possible solutions [J]. International Journal of Coal Geology, 2002, 50: 425-443.
- [6] Cao Y Q, Yang Y S, Hu K R, et al. Ecological and geochemical modelling of hydrogeological system with particular connection to human health[J]. Ecological Modelling, 2004, 174: 375-385.
- [7] Heikens A, Sumarti S, Van Bergen M, et al. The impact of the hyperacid Ijen Crater Lake: risks of excess fluoride to human health [J]. Science of the Total Environment, 2005, 346: 56-69.
- [8] Dai S F, Ren D Y, Ma S M. The cause of endemic fluorosis in western Guizhou Province, Southwest China [J]. Fuel, 2004, 83: 2095-2098.
- [9] Zhu C S, Bai G L, Liu X L, et al. Screening high-fluoride and high-arsenic drinking waters and surveying endemic fluorosis and arsenism in Shaanxi Province in western China [J]. Water Research, 2006, 40: 3015-3022.
- [10] Tamer M N, Koroğlu B K, Arslan ç, et al. Osteosclerosis due to endemic fluorosis[J]. Science of the Total Environment, 2007, 373: 43-48.
- [11] Misra A K, Mishra A. Study of quaternary aquifers in Ganga Plain, India: Focus on groundwater salinity, fluoride and fluorosis [J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 144: 438-448.
- [12] 李晓惠, 张秀丽. 地方性氟中毒的生物化学[J]. 中国地方病防治杂志, 2006, 21(4): 215-217.
Li Xiaohui, Zhang Xiuli. Biochemistry about endemic fluorosis [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2006, 21(4): 215-217(in Chinese).
- [13] 付茜, 王贻宁, 李潇, 等. 燃煤污染型和饮水型氟中毒地区重度氟斑牙釉质结构比较 [J]. 武汉大学学报 (医学版), 2006, 27(3): 326-329.
Fu Qian, Wang Yining, Li Xiao, et al. Comparison of the enamel structure of human severely fluorotic teeth between water-drinking endemic fluorosis area and coal-burning endemic fluorosis area [J]. Medical Journal of Wuhan University, 2006, 27 (3): 326-329(in Chinese with English abstract).
- [14] 吴代赦. 中国煤中氟的环境地球化学研究[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2004: 1-12.
Wu Daishe. Study on Environmental Geochemistry of Fluorine in Chinese Coals. Dissertation for the Doctoral Degree [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2004: 1-12 (in Chinese).
- [15] Zheng B S, Wu D S, Wang B B, et al. Fluorosis caused by indoor coal combustion in China: discovery and progress [J]. Environmental Geochemistry and Health, 2007, 29(2): 103-108.
- [16] 郑宝山, 黄荣贵. 中国煤炭含氟量的研究[J]. 中国地方病防治杂志, 1987, 3(2): 70-72.
Zheng Baoshan, Huang Rongui. Study on fluorine contents of coal in China [J]. Chinese Journal of Endemiology, 1987, 3(2): 70-72(in Chinese with English abstract).
- [17] 谢宏, 聂爱国. 黔西南高砷煤的元素地球化学特征 [J]. 贵州地质, 2006, 23(2): 109-113.
Xie Hong, Nie Aiguo. Geochemistry of the elements in high-As coal in southwestern Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2006, 23(2): 109-113(in Chinese with English abstract).
- [18] 刘家仁, 王尚彦. 贵州西部燃煤污染型地方性氟中毒病区氟源探讨——以织金县荷花村为例[J]. 贵州地质, 2005, 22(2): 192-195.
Liu Jiaren, Wang Shangyan. Deliberation upon the fluorine source of type of burning coal pollution endemic Fluorosis in west Guizhou: As the case at Hehua Village, Zhijin County [J]. Guizhou Geology, 2005, 22(2): 192-195(in Chinese with English abstract).
- [19] 王尚彦, 刘家仁. 贵州西部氟中毒地区氟来源地质背景研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(3): 72-76.
Wang Shangyan, Liu Jiaren. The fluorine sources in the endemic fluorosis areas, western Guizhou [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2006, 26 (3): 72-76 (in Chinese with English abstract).
- [20] Zheng B S, Ding Z H, Huang R G, et al. Issues of health and disease relating to coal use in southwestern China [J]. International Journal of Coal Geology, 1999, 40: 119-132.
- [21] Zheng B S, Wang A M, Lu Q X, et al. Endemic fluorosis and high-F clay[C]//Goldschmidt Conference Abstracts, 2006, A744.
- [22] Dai S F, Li W W, Tang Y G, et al. The sources, pathway, and preventive measures for fluorosis in Zhijin County, Guizhou, China [J]. Applied Geochemistry, 2007, 22: 1017-1024.
- [23] 吴代赦, 郑宝山, 王爱民. 贵州省燃煤型氟中毒地区的氟源新认识[J]. 中国地方病学杂志, 2004, 23(2): 135-137.
Wu Daishe, Zheng Baoshan, Wang Aimin. A new estimation of fluoride source in coal-burning endemic fluorosis areas of Guizhou Province [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2004, 23(2): 135-137 (in Chinese with English abstract).

- [24] 李永华, 王五一, 杨林生, 等. 燃煤污染型氟中毒流行特点及氟安全阈值研究[J]. 中国地方病学杂志, 2001, 21(1):41-43.
Li Yonghua, Wang Wuyi, Yang Linsheng, et al. Study on the environmental epidemic characteristics and the safety threshold of fluoride of coal burning fluorosis [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2001, 21 (1):41-43 (in Chinese with English abstract).
- [25] Feng Jizhou, Wang Shangyan, Yang Mingying, et al. Geochemical atlas in Guizhou province, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009:12-13.

A tentative discussion on the source of endemic fluorosis: geo-environmental evidence from three counties in Guizhou Province

XIE Xing-Neng¹, YANG Xiu-Zhong², YANG Sheng-Yuan¹, ZHANG Jian-Jiang¹, ZHAO Bin¹

(1. Geological Environment Monitoring Institute of Guizhou Province, Guiyang, 550004 Guizhou China; 2. No. 2 Institute of Engineering Exploration, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zunyi, 563000 Guizhou, China)

Abstract: Endemic fluorosis related to domestic coal combustion is widely spread around Guizhou Province, but its source is still unclear. Analysis of samples of waters, coals and soils collected from Zhijin, Nayong and Pingba Counties where the disease is common reveals that the source of fluoride comes mainly from coals in areas where low quality coals or coals with high fluorine are exploited, and is derived from soils in other areas. Merely drinking water seems not likely to cause endemic fluorosis. It is therefore suggested that stopping the mining of low quality coal or coals with high fluorine and making use of near-surface soil could possibly relieve the damage of fluoride in the province.

Key words: endemic fluorosis; coal; soil; water

About the first author: XIE Xing-neng, male, born in 1973, doctor, engages in hydrogeology, engineer geology and environmental geochemistry; E-mail: xxneng@yahoo.com.cn.