

# 陕西大荔县地方性氟中毒 与地质环境的关系及防治对策

柯海玲<sup>1</sup> 朱 桦<sup>1</sup> 董瑾娟<sup>2</sup> 赵阿宁<sup>1</sup> 乔 冈<sup>1</sup> 杨炳超<sup>1</sup>

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省大荔县疾病预防控制中心, 陕西 渭南 715100)

**摘要:**为了研究陕西大荔县地方性氟中毒病与地质环境的关系,笔者对该地区进行了详细的氟中毒病人统计,并采集了地下水、土壤、农作物和蔬菜样品进行氟含量的测定。发现土壤水溶氟占岩土全氟比率随 pH 值升高而增大;单位质量蔬菜如菠菜、油麦菜氟含量高于小麦、玉米等;地下水氟在水动力弱、矿化度高的地区相对富集,水氟含量主要来源于岩土中;地氟病严重区位于低洼地边缘及陡坡向缓坡转换的部位;氟中毒病高患病率与大气、农作物和蔬菜氟含量不具相关性,而与地下水氟含量表现出明显的相关性。根据以上特征,笔者建议在大荔县防治地方性氟中毒病,除种植低氟含量的农作物或经济作物外,应加强低氟含量的地下水的开采与饮用,并对开采的地下水进行物化降氟处理,以降低人群中地方性氟中毒的患病率。

**关键词:**地方性氟中毒病;地质环境;防治对策;陕西大荔

**中图分类号:** P641.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2010)03-0677-09

在人类长期发展过程中,地质环境对人类健康的影响是永恒的,地质环境中的化学元素不仅是构成人体基本组成的物质基础,也是维系生命活动的营养物质来源。实际上,人体生理对所需元素浓度比较敏感,一般都有适应范围,并不是愈多愈好,水和食物中化学元素的缺乏或过剩,都会使人体发生某种病变<sup>[1]</sup>。地方性氟中毒病(简称地氟病)是在某一特定区域内由于环境中氟元素含量显著偏高,通过饮水、食物或空气进入人体,破坏人体内氟、钙、磷的代谢平衡而引起的一种地球化学性疾病<sup>[2]</sup>。中国科学院成都地理研究所陈国阶认为,中国北方干旱半干旱地区地氟病主要是由于富氟风化物或经径流迁移后,于地形平坦低洼处聚集浓缩而形成病区<sup>[3]</sup>,表明干旱半干旱地区地氟病源于环境中氟元素的富集,而氟的富集是特定区域地质环境中各种因素(如气候、水文、地形地貌、地层岩性、水文地质条件以及水化学环境等)长期共同作用的结果。大量资料显

示,饮水型地氟病(居民长期饮用含氟量高的水而引起的疾病)流行的地区(如大同盆地、怀来盆地、关中盆地等)均有高氟地下水的分布<sup>[4-8]</sup>,即饮水型地氟病的发生与其特定区域的地质环境密切相关。本文以典型病区——陕西大荔县为例,从地质环境的角度系统分析地氟病的成因,并提出通过调节人类自身的行为,因地制宜地预防和减轻病情,保障人们的身心健康,为环境类似的地氟病区病情的防治提供借鉴。

## 1 区域环境概况

### 1.1 地质环境

大荔县地处渭河断陷盆地东端黄河、洛河、渭河三河汇流区,县境东西长约 52 km,南北宽约 48 km,高程为 510~329 m。地理坐标为东经 109°43'~110°19',北纬 34°36'~35°02'。全区地势低平,地貌特征显著,北部横亘“铁镰”黄土台塬,中部为广阔的渭河阶地(一、二、三、四级阶地),南部渭河、洛河之间为风

收稿日期:2010-04-09;改回日期:2010-04-22

基金项目:中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所“陕西省大荔县高氟水调查评价”项目(1212010634713)资助。

作者简介:柯海玲,女,1980年生,硕士,助理研究员,主要从事环境地球化学工作;E-mail:tiny9029@163.com。

积沙地,由北向南地势逐次降低,成台阶状平行渭河展布。渭河二级阶地内形成侵蚀构造洼地,黄河陡坎(黄河冲刷侵蚀渭河阶地形成的)以东为地势低平的黄河滩地(图1)。该区属半干旱季风气候,年平均降雨量514 mm,年平均蒸发量1100~1400 mm。黄河、渭河分别是大荔县的东部和南部县界河,洛河以西北-东南方向穿流于渭河二级阶地上。这些地表河流枯水期长,泥沙量大,终年浑浊,不宜作为饮用水源,居民多以泉水和开挖浅井做生活饮用水水源。

大荔县位于渭北黄土台塬南缘和渭、洛河下游冲积平原区,第四系风积黄土、冲洪积物、湖积物广布,岩性为黄土、粉土、粉质粘土、砂土、砂砾石等(图1)。区内地下水主要为广泛分布于渭河各级阶地及黄河滩地的第四系孔隙裂隙潜水和孔隙承压水,以及隐伏于黄土台塬区深部奥陶系灰岩裂隙中的岩溶水。潜水埋藏浅,水位埋深与地势正相关。北部黄土台塬地势相对较高,水位埋深大于50 m,中部渭河

阶地区阶面平坦宽广,水位埋深2~30 m,南部风积沙地绵亘起伏,水位埋深8~25 m,东部黄河滩地地势低平,水位埋深3~6 m。地下水的补、径、排特征明显受地形地貌、气候等因素控制,补给方式主要为大气降水入渗和引水灌溉入渗,排泄方式主要为垂直蒸发和向邻区径流。承压水与潜水水力联系密切。由于地势低平,洼地面积大,潜水矿化度高,氟含量也普遍较高,是典型的饮水型地氟病分布区。

### 1.2 地氟病分布

依据1980年地氟病普查及2006年病情调查资料,全县26个乡镇414个行政村,总人口约70万。病区行政村282个,人口约63.2万,所属乡镇21个,其中,20个村为重病区、155个村为中病区、107个村为轻病区,氟斑牙患者约27.66万人,氟骨症患者约2.04万人,占病区总人口的57.0%<sup>①②</sup>。对调查资料进行分析整理,参照地方性氟中毒病区划分标准(GB17018-1997)圈定出病区(图2)。重病区主要分

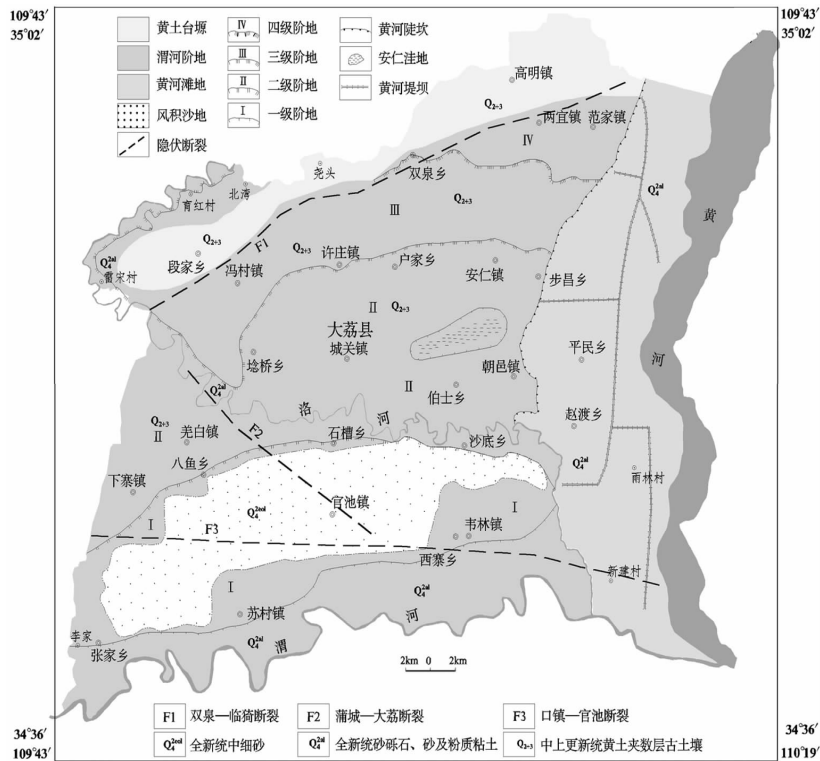


图1 大荔县地质地貌图

(注:隐伏断裂资料来源于1980年陕西省地震综合队《陕西省关中盆地地质构造与地震活动关系研究报告》)

Fig.1 Geological and geomorphological map of Dali County

① 渭南地区地方性氟中毒资料,中共渭南地委防治地方病领导小组办公室,1981。  
 ② 中国地质调查局西安地质调查中心,陕西省大荔县高氟水调查与评价成果报告,2008。

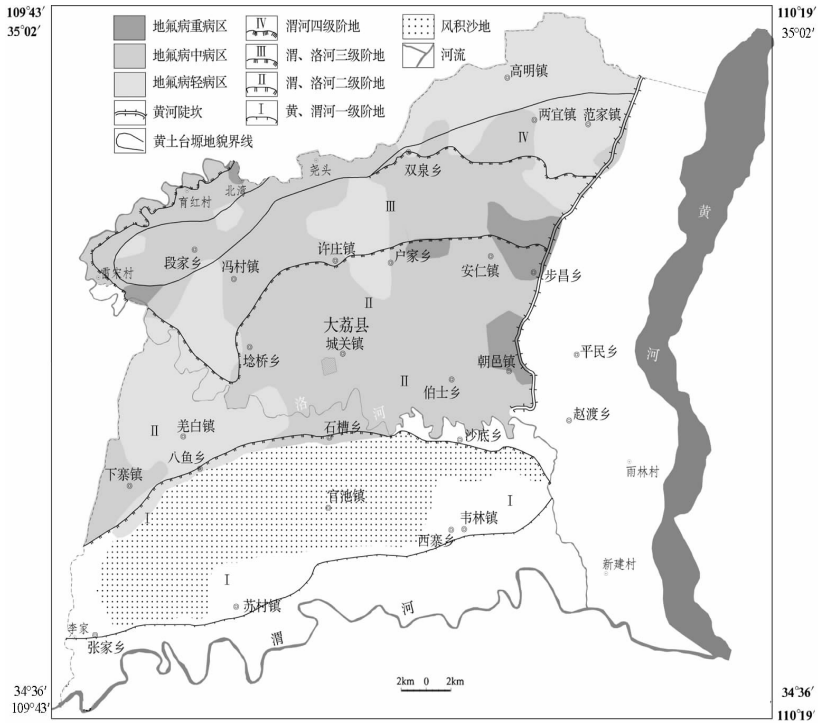


图 2 大荔县地氟病分布图

(注:资料来源于 1980 年渭南地区地方性氟中毒普查和西安地质矿产研究所 2006 年的病情调查)

Fig.2 Distribution of endemic fluorosis in Dali County

布在渭河低阶地的后缘及低洼地带,即侵蚀构造洼地周边,如东部的安仁镇、步昌乡及朝邑镇,西北部段家乡三合村、北湾村等;中病区广泛分布于渭河二、三、四级阶地;轻病区则主要分布在“铁镰”黄土台塬、洛河南侧的渭河一、二级阶地等区域,行政区划为县东北角的高明、范家镇,以及县西南角的羌白、八鱼、下寨乡等。此外,风积沙地区径流畅通,水质好,人群身体健康,基本为非病区;黄河滩地区蒸发强烈,矿化度高,水质苦咸,但氟含量在 0.27~0.90 mg/L,有少量氟斑牙患者(氟斑牙患病率低于 30%)<sup>①</sup>,也为地氟病非病区。

## 2 材料和方法

### 2.1 病情调查

氟斑牙和氟骨症的症状和体征调查对象为病区人群,年龄组成分为 1~16 岁组和 16 岁以上组,诊断依据《地方性氟中毒防治手册》。其中部分病情资料来源于大荔县疾病预防控制中心,诊断依据相同。

### 2.2 样品采集测试

地下水样品采自潜水含水层(地面下 200 m 以内)。根据采样目的,在大荔县采集了机井、民井潜水样品 236 件,玉米、红薯等食物链样品 103 件,岩石与土壤样品 71 件。样品测试单位为具有国家计量认证和国家试验测试认可委员会认可的西安地质矿产研究所实验测试中心。

地下水分析项目为 pH 值,Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、F<sup>-</sup>,总硬度,溶解性总固体(TDS)等;岩土样分析 pH 值,水溶 F,全 F;食物链分析 pH 值和全 F。

地下水 pH 值在采样现场用 pH 计测定,Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>采用 ICP 光谱分析,Cl<sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>采用离子色谱法,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>采用比重法。水、土及植物样品氟均采用微波消解、离子电极法分析,检出限为 0.05 mg/L。

### 2.3 测试结果

大荔县代表性岩土样品氟含量见表 1,农作物、

①中国地质调查局西安地质调查中心.陕西省大荔县高氟水调查与评价成果报告,2008.

表 1 部分土壤含氟量  
Table 1 Fluoride content in part of soil

岩土采集位置	岩性	地 理 位 置	全 F (mg/kg)	水溶 F (mg/kg)	水溶 F/全 F ×100%	pH
	黄土	澄城县南白村(区外,渭北黄土塬)	582.5	7.95	1.37	7.89
黄土台塬	黄土	大荔县段家乡北庄村	607.5	7.05	1.16	7.53
	黄土	大荔县高明镇西高明村	667.5	6.00	0.90	8.09
四级阶地	亚粘土	大荔县两宜镇周家寨	697.5	6.75	0.97	8.22
	亚粘土	大荔县南贝村北	582.5	6.00	1.03	8.14
三级阶地	亚粘土	大荔县许庄镇西大壕	750.0	7.05	0.94	7.45
	亚粘土	大荔县两宜镇寄楼	632.5	13.30	2.10	8.30
	亚粘土	大荔县双泉镇南	660.0	7.35	1.11	8.08
二级阶地	亚粘土	大荔县城关镇婆合村	667.5	6.00	0.90	7.96
	亚粘土	大荔县户家乡西顾贤	632.5	4.90	0.77	7.46
构造洼地	盐渍土	大荔县安仁镇构造洼地南侧	592.5	11.00	1.86	9.32
	盐渍土	大荔县安仁镇构造洼地北侧	642.5	8.95	1.39	7.86
风积沙地	粉细砂	大荔县苏村镇北	286.7	1.15	0.40	7.24
	粉细砂	大荔县官池镇南	213.3	2.85	1.34	7.86
黄河滩地	河淤土	大荔县赵渡镇北侧	697.5	6.30	0.90	8.01
	河淤土	大荔县赵渡镇军渡村洛河东侧	750.0	7.65	1.02	8.24

表 2 大荔县部分农作物中含氟量(mg/kg)  
Table 2 The amount of fluoride in crops of Dali County(mg/kg)

品种	样品数	氟均值	范围值	品种	样品数	氟均值	范围值
玉米	8	6.05	4.54~7.64	梨	3	4.93	4.33~5.38
小麦	7	6.29	4.14~9.07	柿子	2	5.39	4.81~5.98
黄豆	2	5.29	4.86~5.71	苹果	3	6.12	5.32~6.72
绿豆	1	3.95	3.95	大枣	2	5.37	5.02~5.72
红薯	6	5.65	3.95~7.08	冬枣	5	5.76	4.82~7.28
萝卜	4	5.83	4.98~6.72	油麦菜	1	13.42	13.42
花生	2	7.05	6.82~7.28	小白菜	1	13.73	13.73
辣椒	4	5.5	4.14~7.38	菠菜	1	11.96	11.96
茄子	2	5.04	4.75~5.34				

水果和蔬菜代表性样品氟含量见表 2。

根据上述结果,分析发现土壤中黄土、盐渍土的氟含量低于亚粘土,但水溶氟前者高于后者;河淤土全氟含量最高,粉细砂土中全氟和可溶氟含量均最低;pH 值越高,水溶氟占岩土全氟比率也越高,二者大体呈正相关;单位质量蔬菜如菠菜、油麦菜氟含量高于小麦、玉米、各种蔬菜和水果等。

### 3 地氟病分布的地质环境因素分析

地氟病的形成源于环境中氟元素的富集。氟是迁移能力极强的元素,造成氟富集的原因有很多,在本区,除受气候、水文等自然地理环境影响外,还明显受其特定地形地貌、地层岩性、水文地质条件以及水化学环境条件制约。主要过程为岩石与土壤中的

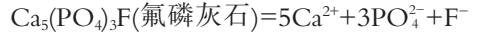
氟元素通过溶滤作用转入地下水中,再随着地下水径流运移,最终在水动力滞缓的环境下聚集。

### 3.1 岩石与土壤的含氟量

氟病区形成的首要条件是具有氟源——地壳富氟的岩石、沉积物和土壤。大荔县区内高氟地下水的补给、径流和排泄区广泛分布着富氟土壤,主要为北部山前“铁镰”黄土台塬深厚的第四纪黄土层,以及各级阶地全新统和中上更新统地层的亚粘土,其中含有云母、角闪石、萤石、方解石和大量的粘土矿物。本次研究选择黄土和亚粘土样品各 3 件,并与构造洼地盐渍土相对照,测试结果见表 1。分析得出,黄土中全氟均值为 619.20 mg/kg,水溶性氟含量均值为 7.00 mg/kg,亚粘土中全氟均值为 705.0 mg/kg,水溶性氟均值为 6.6 mg/kg。根据李日邦等<sup>[9]</sup>的测定,中国不同地理环境土壤中的总氟均值为 430 mg/kg,水溶性氟均值在 0.28~5.39 mg/kg。由此可见,本区土壤中总氟、水溶氟含量都超出“正常范围”,是区内地下水中氟的主要来源。

区外渭北黄土原为大荔县地下水补给径流区,出露有古生界碳酸盐岩及碎屑岩,岩性主要为灰岩、泥灰岩、石英砂岩、泥页岩等,其中除含有上述大量矿物外,还含有氟磷灰石。泥灰岩、页岩、泥岩含氟量较高,泥灰岩全氟含量为 540 mg/kg,水溶氟 7.5 mg/kg,泥岩全氟量为 600~700 mg/kg,水溶氟 6.2~

12.5mg/kg<sup>①</sup>,在偏碱性条件下,氟离子经土壤淋溶作用和含氟矿物萤石、氟磷灰石及碳酸钙等的溶滤水合作用转入地下水中,也是本区地下水中氟的主要来源之一。矿物溶解-沉淀平衡关系式如下:



分析岩石、土壤水溶氟与全氟含量比值,笔者还发现黄土中的氟比粘性土中的氟更易溶于水,且碱性越强,岩石和土壤中的水溶氟占全氟的比例越高,氟矿物越易溶于水。

### 3.2 地形地貌

地貌条件决定地下水的流向、流速,影响氟的迁移和聚集。氟元素在迁移过程中,通常是顺应地势向低处运移。区内地势北高南低,高差在 100~180 m,北部有黄土台塬,往南依次发育渭河四、三、二、一级阶地,阶地间以台坎相接,阶地内部地势低平,多有洼地分布,潜水水位埋藏浅,有些区域甚至出露地表,如侵蚀构造洼地,出露水体的氟含量为 1.42mg/L<sup>②</sup>。从黄土台塬到各级低阶地,地势由陡倾趋于平坦,水流速度骤减,氟离子在低阶地后缘及洼地周边滞留,含量升高,病情也相应加重(图 2~3)。

### 3.3 水文地质条件

地下水的交替循环速度和强度控制着氟的迁移

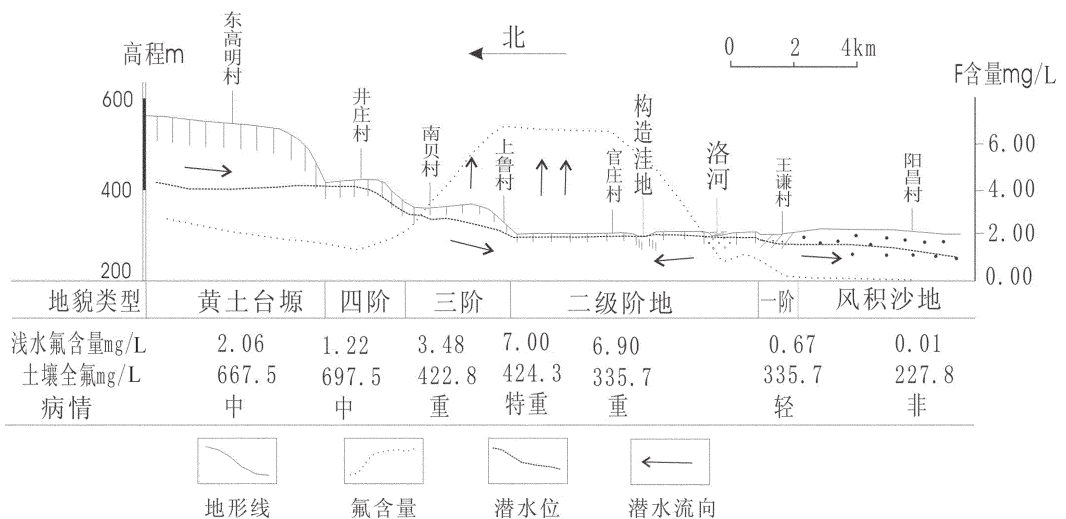


图 3 大荔县地形地貌、地下水埋深与潜水含氟量剖面

Fig.3 Profile of topography, groundwater depth and fluoride in phreatic water in Dali County

① 陕西省地质矿产局第二水文地质工程地质队.陕西省关中地区高氟地下水分布及改水途径研究,1989.

② 中国地质调查局西安地质调查中心.陕西省大荔县高氟水调查与评价成果报告,2008.

聚集<sup>①</sup>。大荔县致病含水层主要为第四系孔隙裂隙潜水,岩性为黄土、亚粘土、粉砂、细砂、砂砾石等。在渭河二级、三级阶地,地势较低,含水层结构复杂,岩土颗粒细,透水性差,根据抽水试验资料<sup>①</sup>,潜水水力坡度在 5‰~13‰,渗透系数在 0.04~1.32 m/d。水力条件弱,径流缓慢—极缓慢,运用达西定律估算渗透年龄均在几百到几千年,含水层中水循环交替过程极其缓慢,水岩接触时间长,水中溶解的盐分相应较高,pH 值普遍大于 7.3,偏碱性水质利于氟的富集,如图 3 中上鲁村和官庄村,潜水氟含量高达 7.00 mg/L,氟斑牙患病率 69.63%~88.69%,氟骨症患病率 0~41.18%,成为地氟病高发区。

### 3.4 水化学环境

病区地下水阳离子以  $\text{Na}^+$  为主, $\text{Mg}^{2+}$  次之, $\text{Ca}^{2+}$  含量低,水化学类型多为  $\text{HCO}_3^- \text{Na} \cdot \text{Mg}$  型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^- \text{Na} \cdot \text{Mg}$  型(图 4)。TDS 范围为 115.94~25702.60 mg/L,pH 值 7.3~8.8, $\text{F}^-$  含量范围 0.00~11.8 mg/L<sup>[11]</sup>。大量  $\text{Na}^+$  的存在有利于氟从土壤中溶出,进入地下水,弱碱性的环境使得水中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等离子沉淀,氟以离子态在水中迁移。较高的矿化度提供了大量离子,利于氟与之化合或络合<sup>[12]</sup>。适宜的水化学条件为氟在水-岩系统中的转换提供动力,

形成大范围的高氟地下水,直接导致地氟病的流行。

## 4 地氟病的食物链分析

人类从地质环境中摄取维系生命正常所需的各种化学元素,必需依大气、水以及食物等为媒介。而这些介质中化学元素的缺乏或过剩,又受地层岩性、土壤及水化学等地质环境制约,是人体发生某种病变的重要因素。

### 4.1 大气氟含量与发病率

氟不是大气的常规成分,空气中氟含量一般极低。据 Bower(1960 年)的数据,其值小于  $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。人从大气中摄取的氟极微。研究区大气氟含量监测值为  $0.217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,尽管高于正常大气含氟量,但却远低于燃煤污染型氟病区含量(如:陕南紫阳县空气平均含氟量为  $79681.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>[13]</sup>(表 3)。

分析与大气密切接触且为人类直接食用的叶菜类作物含氟量,发现研究区食物链中叶菜类作物(如小白菜、菠菜、油麦菜)含氟量明显高于籽粒、果实类和块根类作物(表 2)。但这些叶菜类作物仅在村民房屋周围或田间地头有零星种植,数量很少,基本不会致病。显然本区大气含氟量与地氟病关系不明显。

### 4.2 食物中氟含量与发病率

中科院成都地理研究所陈国阶认为,植物从土壤吸收氟,主要积累于根系,果实中一般不多,但当水溶氟超过 10 mg/kg 时,对氟有较大量的吸收累积<sup>[14]</sup>。分析大荔县果实、籽粒及块根类农作物含氟量,基本都在 5.05~6.12 mg/kg。大荔县居民食用的主要农作物为玉米,含氟量与村民氟斑牙患病率间的关系(表 4)分析也表明,本区玉米氟含量与氟斑牙患病率关系不明显(相关系数  $r=0.215$ )。

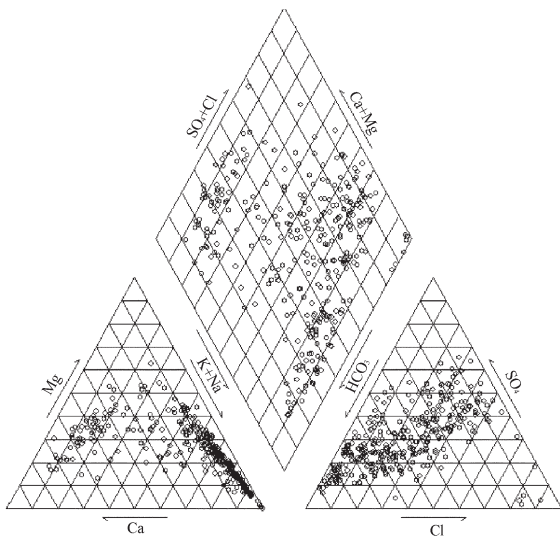


图 4 大荔县高氟地下水 Piper 图

Fig.4 Piper diagram of high-fluorine groundwater in Dali County

表 3 大荔县与紫阳县以及正常大气含氟量 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
Table 3 The amount of fluoride in Dali County and Ziyang County and in normal atmosphere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	含氟量	病情	资料来源
正常空气	<0.01	无地氟病	Bower (1960 年)
大荔县官池镇	0.217	极少数患病	田兆顺等(1995 年)
紫阳县蒿坪镇	79681.2	氟病区	田兆顺等(1995 年)

① 陕西省地质局第二水文地质队,陕西省大荔县北部地区农田供水水文地质勘查报告,1976 年。

表 4 大荔县玉米籽粒中含氟量及居民病情  
Table 4 Fluoride content of sweet corn and the rate of dental fluorosis in Dali County

地点	高明镇	范家镇	步昌乡	安仁镇	安仁镇	安仁镇	伯士乡	羌白镇	下寨乡
玉米氟含量	4.54	5.6	6.71	4.04	4.23	5.09	4.86	5.1	6.57
氟斑牙患率/%	48	57.1	81.6	72.4	84.8	90.5	92.1	94	91.1
*相关系数	r=0.215								

注:玉米含氟量资料来源于本次工作实测,样品为当年种植的新玉米;患病率资料来源于本次工作调查结果。

### 4.3 地下水氟含量与发病率

地下水含氟量与地氟病患病率关系密切,是国家地方性氟中毒病区划分标准(GB 17018-1997)的一项重要指标<sup>[4]</sup>。针对大荔县 26 个乡镇中按地氟病重病区、中病区和轻病区筛选的 100 多个村庄的病情进行调查,发现氟斑牙与氟骨症发病率高的地区水氟含量相应较高,反之,发病率低的地区水氟含量相应较低。相应地,在上鲁村病情比较严重,而洛河南岸沙苑沙地低氟地下水区氟斑牙与氟骨症发病率很低,属于非病区。调查还发现,研究区地下水氟含量与氟斑牙患病率之间呈对数相关,相关系数  $r=0.966$ ;另外,居民饮水年限与发病率也密切相关(表 5~6)。

## 5 地氟病的防治对策

通过以上分析,因地制宜提出以下 3 种防治措施。

调整作物种植品种。大荔县农作物样品含氟量分析发现,叶菜类蔬菜含氟量较高,达 13.42 mg/kg,其他作物含氟量在 3.95~9.07 mg/kg,均值为 5.59 (表 2)。人体摄入氟的安全值是 3~4.5 mg/d,当地居民膳食结构以玉米为主,若每人每天需要食物 1 kg,摄入人体的氟便超过安全值,故应调整作物种植品种,以水果代替小麦、玉米及各类蔬菜,居民食用的小麦、玉米、蔬菜从邻近低氟地区购买;或者种植没

表 5 水氟含量与患病率的关系

Table 5 The relationship between the water fluoride content and the rate of dental fluorosis

地点	病区	患区 总人数	实查 人数	含氟量 (mg/L)	氟斑牙 患病率	氟骨症人数及患病率				
						I°	II°	III°	合计 患病率	
范家乡加西村	轻	816	739	2.40	61.7	19	-	-	19	2.6
步昌乡伏坡村	重	1667	1622	7.00	91.6	230	255	16	501	30.9
双泉乡东一村	中	1365	1322	3.34	94.4	3	6	2	11	0.83
范家乡井庄村	中	1501	1455	1.92	66.7	138	70	22	230	15.8
官池镇官池村	非	-	-	0.22	0	-	-	-	-	-
*相关系数	r=0.966									

注:含氟量由本次工作测得,其余数据来源于渭南地区大荔县地方性氟中毒资料。

表 6 饮水年限与患病率的关系

Table 6 The relationship between the water-drinking years and the rate of dental fluorosis

地点	氟含量 mg/L	16 岁以上村民氟骨症患病情况统计					16 岁以上村民氟斑牙患率 (%)	1~15 岁村民氟斑牙患病情况统计					
		正常	I°	II°	III°	患病率		正常	极轻	轻	中	重	患病率
范家乡加西村	1.53	648	-	-	-	-	46.2	46	-	-	-	-	-
步昌乡伏坡村	3.02	735	330	95	10	27.3	80.9	29	35	7	-	-	59.2
双泉乡东一村	2.34	1157	5	-	-	0.4	74.5	108	17	1	-	-	14.3
范家乡井庄村	1.22	1083	-	-	-	-	50.8	72	18	12	13	-	37.4

注:数据来源于大荔县疾病预防与控制中心。

有食用价值的经济作物(如棉花、花卉等),从而减少人体从环境中摄入的氟。

改换饮用水源。大荔县洛河北部广大地区潜水普遍含氟量较高(氟含量均值为 2.18 mg/L)<sup>[1]</sup>,超过饮用水水质标准。低氟水主要分布于洛河南侧风积沙地区及黄、渭河边,但水量有限,不能满足饮水需求<sup>[5]</sup>。北部黄土台塬奥陶系隐伏岩溶水,氟含量在 1.24~1.27 mg/L,尽管超过饮用水标准(1.0 mg/L),但较之该地区高含氟量的潜水而言,氟含量已经很低。调查发现,饮用此水的居民病情有所减轻,新氟斑牙患者尽管超过 30%,但基本没有新氟骨症患者。目前,该水源已经供给洛河以北广大地区的居民饮用,但现有供水能力不能满足居民日益增长的饮水需求,许多居民因水量不足转而重新启用浅井水。针对饮水用途,可适当加大北部黄土塬区隐伏岩溶水及洛河南部傍河低氟地下水的开采力度,提高输水技术,降低饮水费用,使居民能够从根源上摆脱饮用水短缺困扰。

水质净化。采用物化降氟技术,使饮用水氟含量达标。中国的一些地氟病区已有应用,可以借鉴。在集中供水不能解决用水困难的地区,可采用物化降氟技术措施,首先解决人畜饮水问题,缓解病区群众的用水困难。

实际上,前两种方法在研究区均已不同程度采用,经过近 20~40 年的防氟改水措施,研究区地下水水质总体呈好转趋势<sup>[1]</sup>,病情也有所减轻。

## 6 结 论

陕西大荔县土壤中的氟元素,通过一定的水文地质作用进入地下水,地下水氟在水动力弱、矿化度高的地区氟相对富集,高氟含量地区位于陡坡向缓坡转换的区域,氟斑牙患病率与地下水氟含量表现出明显的相关性。应加强低氟地下水的开采与饮用,并对开采的高氟地下水应用高科技手段降低氟含量,以降低人群中地方性氟中毒病的患病率。

## 参考文献(References):

[1] 王加恩,任容富,梁河,等.安吉梅溪地氟病与地质地球化学环境分析[J].微量元素与健康研究,2004,21(6):42-44.  
Wang Jiaen, Ren Rongfu, Liang He, et al. Endemic fluorine disease and its geological and geochemical environment at Yaodou village, Anji Country, Zhejiang Province[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2004, 21(6):42-44(in Chinese with English abstract).

[2] 罗卫,黄满湘.地质环境与地方病[J].地质灾害与环境保护,2004,15(4):1-5.  
Luo Wei, Huang Manxiang. Geological environment and endemic diseases [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2004, 15(4):1-5(in Chinese with English abstract).

[3] 陈国阶.中国地方性氟病的地理特点 [J].地理科学,1981,1(2):153-162.  
Chen Guojie. Geographical environmental character of endemic fluorosis in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 1981, 1(2):153-162(in Chinese with English abstract).

[4] 安永会,张福存,孙建平,等.我国饮水型地方病地质环境特征与防治对策[J].中国地方病学杂志,2006,25(2):220-221.  
An Yonghui, Zhang Fucun, Sun Jianping, et al. Characteristics of the geological environment and countermeasures of endemic in drinking water in China [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2006, 25(2):220-221(in Chinese with English abstract).

[5] 陈志.我国地方性氟中毒的分布状况[J].中国公共卫生,1997,13(3):133-134.  
Chen Zhi. Distribution of endemic fluorosis in China [J]. Chinese Journal of Public Health, 1997, 13 (3):133-134 (in Chinese with English abstract).

[6] 刘瑞平,朱桦,杨炳超,等.大荔潜水含水层中氟的赋存规律及水化学成因[J].西北地质,2008,41(4):134-141.  
Liu Ruiping, Zhu Hua, Yang Bingchao, et al. Occurrence pattern and hydrochemistry cause of the shallow groundwater fluoride in the Dali county, Shaanxi Province[J]. Northwestern Geology, 2008, 41(4):134-141(in Chinese with English abstract).

[7] 汤鸣皋,沈照理,钟佐桑.河北平原第四系水土中氟的地球化学研究[J].地球科学,1995,20(4):451-454.  
Tang Minggao, Shen Zhaoli, Zhong Zuoshen. A geochemical study on fluorine in soil and groundwater of Quaternary system in Hebei plain [J]. Earth Science, 1995, 20 (4):451-454 (in Chinese with English abstract).

[8] 胡忠毅,赵晓波,曹玉清,等.山西离柳地区生态地球化学环境中氟与人群健康关系的研究 [J].吉林大学学报(地球科学版),2002,32(1):58-63.  
Hu Zhongyi, Zhao Xiaobo, Cao Yuqing, et al. Study on the relation between fluorine in eco-geochemical environment and Human's health in Liliu region, Shanxi[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2002, 32(1):58-63(in Chinese with English abstract).

[9] 李日邦,谭见安,朱文郁,等.单纯克山病病区与单纯大骨节病区生态化学环境的对比研究[J].地理学报,1995,50(3):121-132.  
Li Ribang, Tan Jian'an, Zhu Wenyu, et al. The comparative study on biological chemical environment in pure Ke Shan disease areas and pure Kaschin beck disease areas [J]. Acta Geographica Sinica, 1995, 50 (3):121-132(in Chinese with English abstract)..

[10] 白广禄.陕西省地方性氟中毒与地理因素的关系[J].中国地方病学杂志,1997,16(1):85-89.  
Bai Guanglu. The relationship between endemic fluorosis and



- geographical factors in Shaanxi Province [J]. Chinese Journal of Endemiology, 1997, 16 (1):85-89 (in Chinese with English abstract).
- [11] 柯海玲, 朱桦, 杨炳超, 等. 陕西大荔潜水环境质量现状及其变化[J]. 地质通报, 2008, 27(8):1196-1204.  
Ke Hailing, Zhu Hua, Yang Bingchao, et al. Present state and change of phreatic water quality in Dali County, Shaanxi, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(8):1196-1204(in Chinese with English abstract).
- [12] 何英华, 冯志民, 姚晓玲. 饮水中氟含量对人体健康影响的调查报告[J]. 中国卫生工程学, 2000, 9(1):23-24.  
He Yinghua, Feng Zhimin, Yao Xiaoling. The investigation report of fluorine content in drinking water effects on human health[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering, 2000, 9 (1):23-24 (in Chinese with English abstract).
- [13] 田兆顺, 王琨, 郑来义, 等. 地方性氟中毒与环境含氟量关系研究 II——煤炭、粮食及空气中含氟量与氟中毒的关系[J]. 陕西省地方性氟中毒防治研究论文集, 2004:13-16:9.  
Tian Zhaoshun, Wang Kun, Zheng Laiyi, et al. Study of relationship between endemic fluorosis and the fluoride content in environment II——the relationship between the fluorine content in coal, grain and air and fluorosis [J]. Essays of Research and Control of Endemic Fluorosis in Shaanxi Province, 2004:13-16:9.
- [14] 陈宝群, 白广禄, 马长安, 等. 2001 年陕西省饮水型氟中毒重点病区调查结果分析[J]. 地方病通报, 2003, 18(2):32-4.  
Cheng Baoqun, Bai Guanglu, Ma Chang'an, et al. Investigation on drinking water fluorosis in focal endemic areas in Shaanxi Province [J]. Endemic Diseases Bulletin, 2003, 18 (2):32-4 (in Chinese with English abstract).
- [15] 大荔县土地资源调查办公室. 大荔县土地资源[M]. 西安:西安地图出版社, 1991:18-23.  
Office of Land Resources Survey in Dali county. Dali County Land Resources [M]. Xi'an Cartographic Publishing House, 1991: 18-23(in Chinese).

## The relationship between the endemic fluorosis and the geological environment as well as the prevention measures in Dali County, Shaanxi Province

KE Hai-ling<sup>1</sup>, ZHU Hua<sup>1</sup>, DONG Jin-Juan<sup>2</sup>,  
ZHAO A-Ning<sup>1</sup>, QIAO Gang<sup>1</sup>, YANG Bing-Chao<sup>1</sup>

(1. Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Dali County Centers for Disease Control and Prevention, Shaanxi Province, Weinan 715100, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to study the relationship between the endemic fluorosis disease and the geological environment in Dali County, Shaanxi Province, the authors carried out a detailed statistical analysis of the group of patients suffering from fluorosis, and collected groundwater, soil, crop and vegetable samples for the determination of fluorine content. It is found that fluorine content of loess and saline soil is lower than that of clay, but the water-soluble fluoride of the former is higher than that of the latter, and the higher the alkaline, the higher the ratio of water-soluble fluoride to perfluoro. Fluorine content of unit mass of vegetables such as spinach and Indian lettuce is higher than that of wheat and corn. Fluoride in groundwater is concentrated in areas where hydrodynamic action is weak and salinity is high. Such fluoride comes mainly from the primordial rock, loess and clay. Areas with severe endemic fluorosis are located at the edge of low-lying land and the conversion position from steep slope to gentle slope. High prevalence of fluorosis patients is not only related to fluorine content of atmosphere, crops and vegetables, but also associated with fluoride content of groundwater. Based on these characteristics, the authors suggest that the methods for preventing and controlling endemic fluorosis disease should lie in the strengthening of exploitation and consumption of low-fluoride groundwater as well as the growing of low-fluoride crops. In addition, physical and chemical means should be employed to reduce the fluorine content of groundwater so as to reduce the prevalence rate of the endemic fluorosis disease in this area.

**Key words:** endemic fluorosis; geological environment; control measures; Dali County in Shaanxi Province

**About the first author:** KE Hai-ling, female, born in 1980, master, assistant researcher, engages mainly in environment geochemistry; E-mail: tiny9029@163.com.