

## 成果与方法

## 鲁西南平原高氟地下水水文地球化学特征

冯超臣<sup>1</sup>, 黄文峰<sup>2</sup>

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 2. 菏泽市国土资源局, 山东 菏泽 274000)

**摘要:**鲁西南地处黄河冲积平原,地势平坦,地下水运移迟缓,以垂直交替为主,氟离子含量较高,生活用水氟含量多大于 1mg/L。局部地段地下水中氟含量可达 7mg/L。高氟地下水在平面分布上具有点状和片状分布特点,在垂向上具有愈往深处氟含量愈高的特点。

**关键词:**地下水;地氟病;水文地球化学;特征;鲁西南

**中图分类号:**P641.3 **文献标识码:**A

鲁西南平原地处京杭运河以西的黄泛平原区,地势平坦,区内地下水运移迟缓,氟离子含量较高,生活用水氟含量多大于 1 mg/L;局部地段地下水中氟含量可达 7 mg/L 左右。高氟水主要分布于区内的 180 多个乡镇 800 多个自然村,受害人口 40 余万,犹以曹县、单县、定陶、成武、金乡及菏泽城区东南部、郓城至嘉祥部分地区地下水中氟含量较高,愈向西北地下水氟含量愈低。由于高氟水地区居民长期饮用高氟水,普遍患有氟斑牙、氟骨病等地氟病,患者牙齿先出现黄斑,后畸形或腿弯背驼,未老先衰,严重危害了当地居民的身体健康。为此探讨区内地下水地球化学特征,除氟改水,全面治理“氟害”,势在必行。

## 1 区域水文地质条件

区域分布着巨厚的新近第四系沉积岩系,地下水主要赋存在新近系上部及第四系的含水砂层孔隙中。受地质构造、古气候、古地理及沉积环境的影响,含水层的分布、埋藏、水化学成分及水力性质比较复杂。按含水层的垂向分布、水化学特征及地下水水力性质,可将区内的松散岩类孔隙水分为浅层潜水孔隙淡水(浅层地下水)和深层承压孔隙淡水(深层地下水)2 种类型。

### 1.1 浅层地下水

浅层地下水系指赋存在地表浅部含水砂层中的

地下淡水,淡水体的厚度受咸水顶界面起伏变化的控制,底板埋深一般在 20~66 m。由于黄河多次泛滥,砂层的分布具有多层性,层间为粘性土及淤泥质土所隔,故下部含水层具微承压性,而各粘土层在水平分布上的不连续性,使上、下含水砂层存在着不同程度的沟通,其地下水运动特征和动态变化与上部的潜水基本一致,可视为同一含水岩组。含水层岩性以粉砂为主,细、中砂次之,砂层分布不均,显示出的富水性也各有差异。该区地下水单井涌水量为 20~60 m<sup>3</sup>/h。地下水矿化度一般小于 2 g/L,地下水氟含量 0.1~5.0 mg/L。水化学成分比较复杂,阳离子以 Na<sup>+</sup>,Mg<sup>2+</sup> 为主,Ca<sup>2+</sup> 含量较少。阴离子含量变化较大,主要以 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 为主,水化学类型多变。

### 1.2 深层地下水

区内深层地下水主要赋存在中、下更新统和新近系上部的松散—半松散堆积物的孔隙中,含水层的厚度、埋藏及展布受新近纪末的平缓微倾斜台阶式古地形所控制,顶界面埋藏为 150~300 m,其底界面埋藏在 450 m 以下。含水砂层一般 5~8 层,单层厚度 2~10 m,岩性一般为细砂、细粉砂。地下水矿化度均小于 2 g/L,氟含量 2~3 mg/L,Na<sup>+</sup> 含量一般占阳离子总量的 90% 以上,水化学类型以 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>Na 型为主,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>Na 型水次之。

收稿日期:2004-06-07;修订日期:2005-01-26;编辑:张天祯

作者简介:冯超臣(1982-),男,山东曹县人,助理工程师,主要从事水工环工作。

## 2 高氟地下水水文地球化学特征

氟元素是人类生命过程中所必须的微量元素。适量的氟(我国饮用水卫生标准为小于 1.0 mg/L)可以提高牙齿的抗酸能力,抑制细菌分解糖所需的酶,增强牙齿釉质的羟基磷灰石保护层,提高牙齿的硬度等。但氟含量过高或偏低,则会影响人体健康,引发常说的氟斑牙、氟骨病等“地氟病”。

据区内 200 组水化学资料统计结果,地下水中氟的含量极不均一,符合国家饮用水卫生标准的仅有占 12.8%,其余样品氟含量或高或低,均不符合国家饮用水卫生标准,其中最小值为 0.1 mg/L,最高值则达 7.0 mg/L(表 1)。

表 1 鲁西平原区浅层地下水氟含量统计

F <sup>-</sup> 含量(mg/L)	<0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0
水样个数(个)	21	26	40	113
占全部水样百分数(%)	10.3	12.8	20.5	56.4
极值(mg/L)	0.1			7.0

### 2.1 平面上分布特点

浅层地下水中氟离子含量极不均一,变化在 0.1~7.0 mg/L 间。高氟地下水多呈点状或片状分布在曹县、单县、定陶、成武、金乡及菏泽城区东南部、郓城至嘉祥等地,愈向西北地下水氟含量愈低。

深层地下水除少数井孔氟含量小于 1.0 mg/L 外,大多大于 2.0 mg/L,多在 2~3 mg/L 间,分布稳定。在菏泽城区、曹县、郓城、单县、金乡等县市局部地段氟含量较高,为 3~4 mg/L。

### 2.2 垂向上分布特点

在垂向上,地下水氟含量有愈往深处逐渐增高的趋势(图 1)。由于愈向深处,地下水交替速度愈缓,加之地下水中钠离子含量逐渐增大,有利于氟离子富集。浅层地下水中只局部地段氟离子含量较高,一般在 2~7 mg/L 之间,深层地下水(取水段为 300~500 m)氟含量在 2~3 mg/L 之间,而愈向深处(孔深 800 m,取水段为 400~800 m)氟含量高达 4 mg/L 以上。

### 2.3 水文地球化学特征

#### 2.3.1 地下水运动条件

该区地下水径流缓慢,浅层地下水水力坡度只

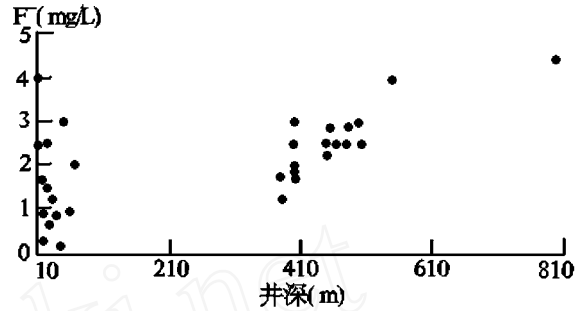


图 1 地下水氟含量与井深关系散点图

有  $0.10 \times 10^{-3} \sim 0.15 \times 10^{-3}$ ,以垂直运动为主,地下水在运动过程中溶解岩石和土壤中的氟离子,有利于在该区富集。

#### 2.3.2 水文地球化学特征

从总体上讲,本区高氟环境区属于转化类径流富集型。氟赋存于岩石及土壤中,随溶滤和水解作用而转化到地下水中,在随水迁移的过程中,当地下水碱化程度增强时便发生富集。其后将因由碱化向酸化的转变和酸化程度的增强而逐渐消退<sup>[1]</sup>。

从该区地下水水化学资料统计分析,氟与地下水中的主要离子成分、总碱量等有着不同程度的相关性。

##### (1) 氟离子与钠、钙离子交替的关系

从氟离子含量( $F^-$ )与  $Na^+$  的含量及  $F^-$  与  $Ca^{2+}$  的含量相关散点图(图 2,图 3)上可以看出, $F^-$  含量与  $Na^+$  及  $Ca^{2+}$  的含量间的关系虽不呈明显的线性关系,但亦存在着一定的规律:即当  $Na^+$  增加或  $Ca^{2+}$  减少时,地下水中  $F^-$  含量明显增加;当将  $F^-$  含量与其所对应的  $rNa^+$  同  $rCa^{2+}$  (冠 r 者表示 mmol/L,下同)的比值进行相关分析时,其规律性更加明显(图 4)。显然, $F^-$  含量随  $rNa^+ / rCa^{2+}$  的增大而增加,这正是由于钙的减少和钠的增加所造成的。说明地下水中阴离子由同钙的伴存转变为同钠的伴存,是形成有利于地下水中氟富集的水化学环境。而钙的减少和钠的增加,与地下水中钠对钙的交替(置换)有关。也就是说,地下水中氟的富集与钠、钙的交替有关。

##### (2) 氟与总碱度及总硬度间的关系

氟与总碱度( $rHCO_3^- + rCO_3^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$  本区检出值较小或无检出)及总硬度( $rMg^{2+} + rCa^{2+}$ )的相关性并不明显(图 5,图 6),只表明其大概趋势,氟与总碱度大致呈正相关,而与总硬度关系不明显,但有呈负相关之趋势。

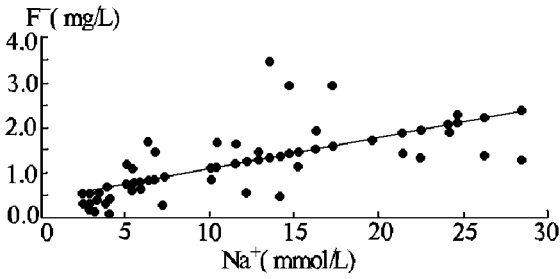


图 2 氟含量与钠含量关系散点图

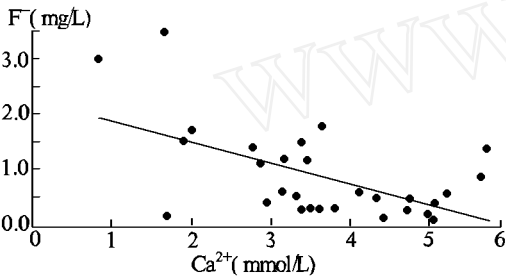


图 3 氟含量与钙含量关系散点图

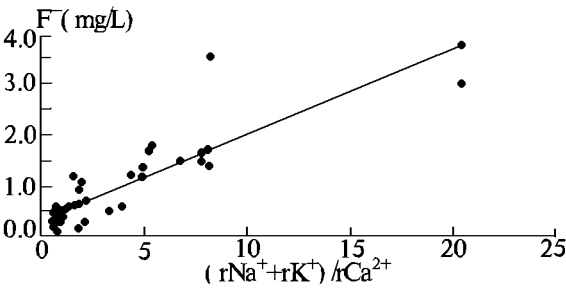


图 4 氟含量与  $rNa^+ / rCa^{2+}$  关系散点图

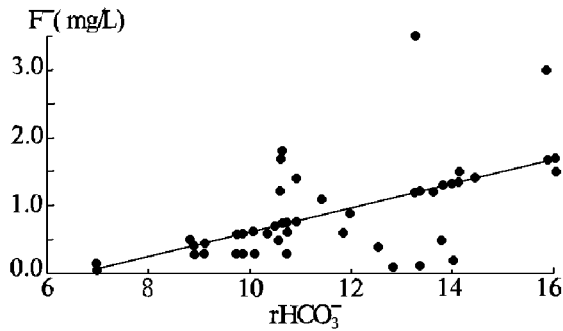


图 5 氟含量与总碱度相关散点图

而从氟( $F^-$ )与总碱度同总硬度差值 $[(rHCO_3^- + rCO_3^{2-}) + (rCa^{2+} + rMg^{2+})]$ 相关散点图(图 7)上可以看出,地下水中氟含量随 $(rHCO_3^- + rCO_3^{2-}) - (rCa^{2+} + rMg^{2+})$ 增大而有明显增大的趋势,只是在该差值较小时,其趋势性并不明显。这说明地下水

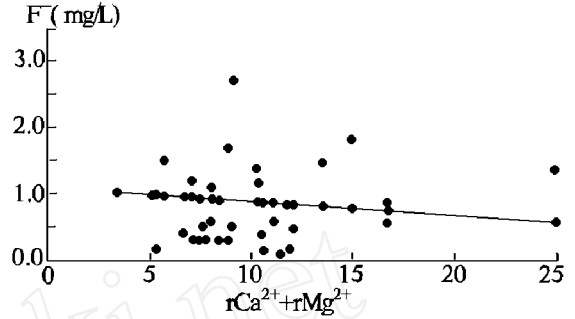


图 6 氟含量与总硬度相关散点图

中氟是随碳酸离子的增加和钙、镁离子的相对减少而增长的。也就是说,地下水中碳酸离子总摩尔数大于钙、镁离子摩尔数之和是地下水中氟富集的另一水化学特征。

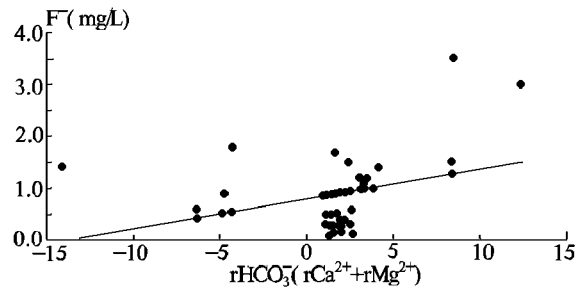


图 7 氟与  $[rHCO_3^- - (rCa^{2+} + rMg^{2+})]$  相关散点图

### (3) 氟与无氧强酸同碱金属间差值的关系

图 8 是氟( $F^-$ )与氯离子( $rCl^-$ )同碱金属离子( $rK^+ + rNa^+$ )差值间的关系散点图。从该图上可看出,两者间呈较明显的负相关关系。一般的讲,地下水中氟离子含量随氯离子同碱金属离子之差的绝对值的增大而增大。也就是说,地下水中氯离子含量小于碱金属离子含量,是地下水中氟富集的另一主要水化学特征。

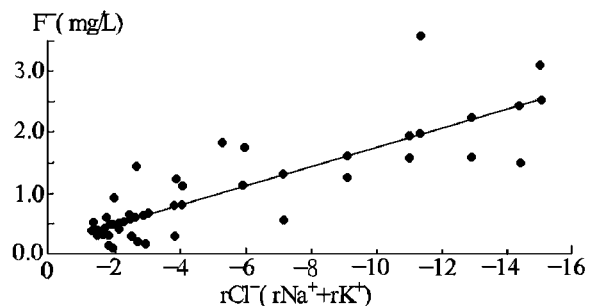


图 8 氟含量与  $[rCl^- - (rNa^+ + rK^+)]$  相关散点图

## 3 降氟改水方向探讨

一般来说,氟主要是通过食物、呼吸、饮水 3 个

主要途径进入人体。对饮水中的氟,消化道的吸收率高达 90%。饮用水含氟量高是本区发生地方性氟中毒的主要原因。因而采取科学、合理的方法对地下水进行降氟改水是彻底防治氟病的重要手段。

就本区而言,对高氟区地下水,尤其氟含量在 2.0 mg/L 以上的区域,应对其进行改造后方可饮用。

#### (1) 环境区的改造

所谓环境区的改造,就是对地下水高氟环境区地下水氟的补源条件和富集条件的改造,这从根本上降低地下水的氟含量。对环境区的改造不外乎补源、排通、化学催化等几个方面。

#### (2) 集中对饮用水改造

对高氟环境区的改造,不是短时间能做到的,那么对开采出的地下水进行化学除氟法,即包括混凝沉淀法和滤层吸附法。

#### (3) 开辟新的低氟淡水水源地

氟含量大于 2.0mg/L 的浅层地下水不适宜直接引用,结合当地实际情况,可开辟新的供水渠道如引水或开发新的淡水水源地等。

### 参考文献:

- [1] 戎秋涛,翁焕新.环境地球化学[M].北京:地质出版社,1989, 251-254.

## Hydro - geochemical Characteristics of Underground Water with High - fluorine in Southwest of Shandong Province

FENG Chao - chen<sup>1</sup>, HUANG Wen - feng<sup>2</sup>

(1. Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 2. Heze Bureau of Land and Resources, Shandong Heze 274000, China)

**Abstract:** Southwest area of Shandong province locates in Yellow river alluvial plain. Underground water flows very slowly and vertically with high fluorine content. Fluorine content included in living water is more than 1 mg/L, while it can reach 7 mg/L in some areas. Underground water has the distribution characteristics as spot and sheeting type, and fluorine content will become higher in deep part.

**Key words:** Underground water; regional fluorsis; hydro - geochemistry; characteristics; southwest of Shandong province

### 文登市加大土地利用监管力度重新启动“半拉子”工程

2005 年以来,文登市进一步加大土地利用监管力度,通过清理、处置,使一批闲置土地和“半拉子”工程获得新生。目前,该市依法收回闲置土地 48 宗,面积 48.9 公顷。对于停建、缓建的 19 个“半拉子”工程,分别采取责令修改规划和设计方案、转让给其他开发商运作、限期完工等方式重新启动。

近年来,文登市一直作为全国百强县享誉全国。随着经济发展和建设速度加快,及“三个暂停”的实施,建设用地日趋紧缺。为使土地得到合理利用,该市组建了闲置土地和“半拉子”工程清查领导小组及办公室,对全市闲置土地和“半拉子”工程进行全面清理。规定:对取得土地使用权后已闲置 2 年以上的土地,特别是商业、旅游、娱乐和商品住宅经营性用地,由政府收回土地使用权,重新进行市场配置。由闲置土地和“半拉子”工程清查领导小组及办公室对闲置土地和“半拉子”工程项目逐个调查、取证,进行法律论证,并结合工程项目的实际情况提出切实可行的处置方案。

通过这一举措,该市盘活了闲置土地,加大了对建设项目用地的监管力度和对违法、违约项目的处置力度,使多年遗留下来的热点、难点问题得到解决,对全市招商引资起到了巨大的促进作用。

(李仁丽)