

# 山东省高密市高氟区现状及高氟地下水形成机制探讨

张新平,徐金欣,邢宝石,王兰中

(山东省第四地质矿产勘查院,山东 潍坊 261021)

**摘要:**高密市北部大范围内地下水含氟量较高,为典型的高氟区,生活在区内的居民长期饮用地下水,均有不同程度地发病。该文对此进行了含氟量分区划分,研究了中-新生代不同地层中氟向水中的转化量,探讨了高氟区的形成机制和防治对策。

**关键词:**高氟区现状;危害;形成机制;山东高密

**中图分类号:** P599.9;P641.12

**文献标识码:** A

高密市位于山东半岛西部,隶属潍坊市管辖。东临胶州,南依诸城,西连安丘、昌邑,北接平度。胶济铁路、济青高速公路横贯市境北部,平度—日照公路纵贯南北。市境南北长 60.1 km,东西宽 51.2 km,总面积 1 605.55 km<sup>2</sup>。辖 20 处乡镇、街办,人口 85 万。该区属胶莱盆地之高密凹陷 级构造单元,区内广泛发育中生代白垩系及新生代第四系。

## 1 高氟区现状

### 1.1 高氟区地下水环境特征

#### 1.1.1 高氟区分布范围

根据国家生活饮用水标准(GB-5749-85),地下水中氟含量界限值为 1 mg/L,由岩石、土壤、地下水等自然因素使氟含量超过国家规定标准的地域即为高氟区。

高密市高氟区北部延至境外<sup>[1]</sup>,南部至阚家镇—井沟镇—拒城河镇一带,其范围包括周戈庄、大牟家、仁和、阚家、姜庄、夏庄、河崖、柏城、拒城河等乡镇,总面积约 793 km<sup>2</sup>。

#### 1.1.2 地下水氟含量分区及特征

区内广泛发育含氟量较高的第四系松散沉积物、中生代青山群和王氏群。钻孔资料显示,第四系

松散沉积物的厚度为 6.30~28.00 m。地下水赋存于上述地层构成的孔隙—裂隙中(主要赋存于第四系松散沉积物中)。主要为潜水,其次为裂隙水,地下水类型主要为 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·Cl<sup>-</sup>·Na<sup>+</sup>·Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·Cl<sup>-</sup>·Na<sup>+</sup> 型水,矿化度 0.60~3.52 g/L,总硬度 150~975 mg/L。水位埋深 1~5 m。据 191 个水质分析样,将全区划分为氟含量 <1 mg/L 区, 1~7 mg/L 区, 7mg/L 区共 3 个大区。氟含量 <1 mg/L 区:氟平均含量 0.33 mg/L,分布于高密市南部,面积 777 km<sup>2</sup>。 1~7mg/L 区:氟平均含量 3.54 mg/L,分布于高密市北部大部地区。 7 mg/L 区:由 10 个高氟浓集分区构成,氟平均含量 8.91 mg/L,最高含量 12.60 mg/L,主要分布于胶济铁路以北地区(表 1,图 1)。

### 1.2 地方性氟中毒现状

地方性氟中毒是由于居民长期从生活环境中摄入过量的氟而引起的一种慢性全身性地球化学性疾病,俗称“大黄牙”、“干沟牙”、“糠骨病”、“黑骨风”等。高密市北部地区都有不同程度的发病。病情较轻的病人,表现为牙齿变黄、发黑、脱钙变脆等,重病病人表现为全身关节疼痛、强直变形,甚至导致瘫痪,丧失劳动能力。据高密市地方病办公室 2002 年统计资

收稿日期:2007-03-12;修订日期:2007-09-01;编辑:王秀元

作者简介:张新平(1968-),男,山东平度人,工程师,主要从事区域地质矿产工作。

山东省第四地质矿产勘查院,山东省高密市高氟区地质灾害调查报告,2005 年。

料,因饮用地下高氟水,全市有轻病区村 399 个,中病区村 201 个,重病区村 216 个,涉及病区人口 62.3 万。氟斑牙人数 25.32 万,氟骨病人数 1.53 万。

表 1 高密市高氟区地下水含氟量

氟含量 (mg/L)	样品数 (个)	氟平均含量 (mg/L)	面积 (km <sup>2</sup> )
<1	29	0.33	777
1~3	50	1.75	736
3~5	48	3.9	
5~7	37	5.48	
小计(平均)	135	3.54	
7~9	12	7.5	57
9~11	12	9.45	
11~13	3	12.4	
小计(平均)	27	8.91	

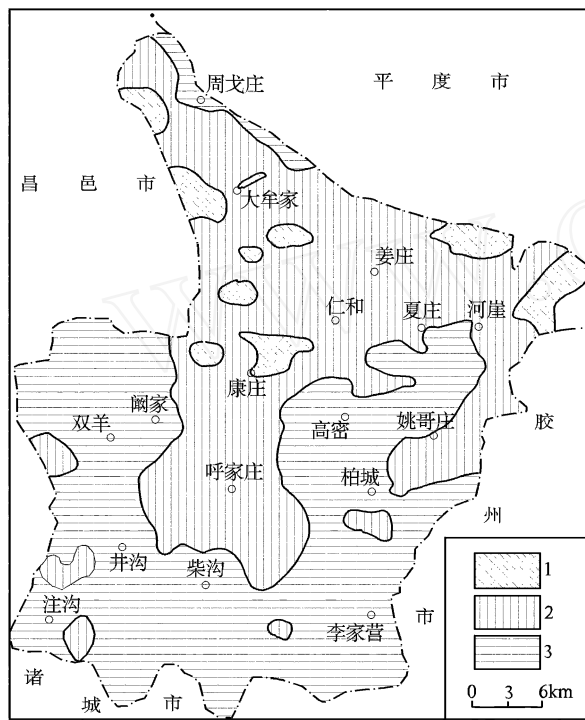


图 1 高密市高氟区氟含量分布图

1—氟含量 > 7mg/L 分布区; 2—氟含量 1~7mg/L 分布区;  
3—氟含量 < 1mg/L 分布区

## 2 不同地层中氟向水中的转化

### 2.1 易溶系数

氟在地层中间的转化,主要是指固态中的氟元素转化到水中。经过对不同时代的岩性进行水浸试验,证明这种转化是存在的。但是不同岩性中氟的转化量有显著差异。这种差异可用易溶系数来表示:

$$\text{易溶系数} = \frac{\text{岩石中氟的易溶量}}{\text{岩石中氟的含量}} \times 100\%$$

利用易溶系数,可以评价地层中氟向水中的转化迁移能力,易溶系数越高,地层中氟向水中的转化能力越强,反之则弱。

### 2.2 不同地层中氟向水中的转化

#### 2.2.1 侏罗系莱阳群碎屑岩中氟的转化

经试验,莱阳群碎屑岩类氟含量较高,但 12 个样品中只有 1 个页岩样品检出氟,易溶系数为 1.28%,说明莱阳群碎屑岩类中的氟不易向水中转化。

#### 2.2.2 白垩系青山群火山岩、火山碎屑岩及沉积碎屑岩中氟的转化

对 16 个样品测试,青山群火山岩、火山碎屑岩及沉积碎屑岩类,其平均易溶系数为 1.47%,砂岩类最高,为 1.73%,最低为膨润土类,为 0.96%,氟的平均转化量为  $8.36 \times 10^{-6}$ 。

#### 2.2.3 白垩系王氏群碎屑岩中氟的转化

经 11 个样品测试,王氏群碎屑岩类氟平均易溶系数 3.40%,砂岩最高,为 3.63%,氟的迁移转化量平均为  $19.21 \times 10^{-6}$ 。

#### 2.2.4 第四系松散沉积物中氟的转化

经 90 个样品测试,该类岩性中氟平均易溶系数 5.06%,黄褐色粘土及含钙质结核粘土中最高,为 5.36%~5.89%,氟的平均转化量为  $29.76 \times 10^{-6}$ 。不同岩性的氟的平均含量、易溶系数、易溶氟平均含量见表 2。

表 2 高密市高氟区不同地层中易溶氟平均含量

岩石地层	岩性	样品数 (个)	地层中氟的 平均含量( $10^{-6}$ )	易溶系数 (%)	地层中易溶氟 平均含量( $10^{-6}$ )
第四系	灰黑色粘土	10	550	5.11	28.1
	黄褐色粘土	37	630	5.36	33.8
	砂	21	490	4.82	23.6
	含钙质结核粘土	14	640	5.89	37.7
	钙质结核	8	560	2.75	15.4
	合计(平均)	90	584	5.06	29.76
王氏群	砾岩	2	600	3.33	20.0
	砂岩	6	540	3.63	19.6
	泥(粘土)岩	3	600	2.98	17.9
	合计(平均)	11	567	3.40	19.21
青山群	火山碎屑岩	5	490	1.63	8.0
	火山熔岩	3	440	1.32	5.8
	膨润土	2	1105	0.96	10.7
	砾岩	2	390	1.28	5.0
	砂岩	4	650	1.73	11.2
合计(平均)	16	585	1.47	8.36	
莱阳群	砂岩	6	370	0	未检出
	粉砂岩	5	390	0	未检出
	页岩	1	740	1.28	0.95
	平均	12	410	0.11	0.08

综上所述,不同岩性中氟含量均较高,但易溶系数、易溶氟平均含量有较大差异。从表 2 看出,由莱阳群 青山群 王氏群 第四系松散沉积物,平均易溶系数由甚小 小 中 大,易溶氟平均含量(氟向水中转化量)也相应由甚小 小 中 大,即氟向水中的转化量为  $0.08 \times 10^{-6}$   $8.36 \times 10^{-6}$   $19.21 \times 10^{-6}$   $29.76 \times 10^{-6}$ 。

### 3 高氟区的形成机制

#### 3.1 供氟源

前已述及,中生代青山群火山岩、火山碎屑岩、王氏群沉积岩、第四系松散沉积物中含氟量较高,不同地层中的易溶氟在水解作用下溶解于水中并伴随地下水径流迁移,当含氟地下水在径流过程中遇到隔水层或洼地特定环境时,便汇聚在一起,在蒸发浓缩作用下,地下水氟含量进一步增高,形成高氟地下水。

#### 3.2 地形地貌

高氟区周边发育含氟量较高的中生代火山岩、火山碎屑岩、沉积岩类,现代地貌多为垆岗残丘,其海拔标高多在百米左右,在大气降水和地下水径流作用下,这些岩石发生淋滤作用,易溶氟进入水中,含氟地下水在径流作用下流入低洼地带地下水中,地下水径流缓慢,形成滞水。低洼地带发育大量含

氟较高的第四系松散沉积物,之中的易溶氟进入地下水中。含氟地下水经长期浓缩作用,使地下水的氟含量进一步增高,在低洼地带形成高氟地下水。

#### 3.3 赋存条件

(1) 位于高氟区边缘的中生代供氟源青山群和王氏群地层,大致相当于海拔 30 m 以上地形等高线区域,这个区间以淋溶作用为主,由青山群和王氏群地层构成富水性较弱的裂隙潜水含水层,水位埋深 1 ~ 5 m。

(2) 坡麓地带,大致相当于海拔 13 ~ 30 m 之间地形等高线之间,这个区间以水解作用为主,第四系松散沉积物与下伏基岩青山群和王氏群地层构成统一的孔隙—裂隙潜水含水层,水位埋深 2 ~ 4 m。

(3) 山前平原地带,大致相当于海拔 8 ~ 13 m 地形等高线之间,这个区间以聚集作用为主,第四系松散沉积物是唯一的孔隙潜水含水层,水位埋深 1 ~ 2 m。

#### 参考文献:

- [1] 陆荣莉,马晓东,巩宝珍,等. 山东省地氟病分布与地质环境关系探讨[A]. 地质与可持续发展——华东六省一市地学科技论坛文集. 济南:山东地质学会,2003,158-161.
- [2] 鲁孟胜,吴恩江,李明建. 鲁西南浅层氟地下水成因的水文地球化学研究[J]. 煤田地质与勘探,2001,29(5):39-41.

## Research on Present Condition of High Fluoride Areas and High Fluoride Groundwater - forming Mechanism in Gaomi City of Shandong Province

ZHANG Xin - ping, XU Jin - xin, XING Bao - shi, WANG Lan - zhong

(No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

**Abstract:** Groundwater contains high fluoride in north areas of Gaomi are rather wide. It is typical high fluoride areas. Local residents have different degrees of illness because of long - term drinking groundwater. Different regions with different fluoride contents in groundwater are classified, quantity of fluoride translated into water in different strata of Mesozoic and Cenozoic are studied, and high fluoride - forming mechanism and prevention countermeasures are put forward in this paper.

**Key Words:** Present condition of high fluoride areas; hazards; forming mechanism; Gaomi city in Shandong province