

环境调查

廊坊地区地下水含氟量分布规律及其环境初步分析

李 异 瑞 王 凤 娟 丁 希 军

(河北省地质局环境水文地质总站廊坊监测站)

(河北省廊坊地区环境保护办公室监测站)

廊坊地区位于京、津之间,地理位置十分重要。为查明本地区地下水中氟含量分布规律及其形成的水文地质条件和地球化学环境,我们根据近二年取样化验结果和现场调查,对廊坊地区地下水含氟量分布规律及其环境进行初步分析。

廊坊地区主要以地下水为供水水源,因此查明本地区地下水中各种有害物质的分布规律及其形成的水文地质条件,是有目的地采取综合防治的有效措施。

一、水文地质概况

根据野外岩心观察,古生物、重矿物等项指标,廊坊地区可划分为 I—IV 含水组,对应地层时代为 Q_4 — Q_1 ,水中矿化度大于 2g/l 为咸水,按水质可分为全淡水区与有咸水区,有咸水区内垂直分为浅层淡水、中层咸水、深层淡水三个水质层。

各含水组水文地质特征

第 I 含水组(Q_4) 本组底板平缓,埋深 30—40 米,局部 50—60 米,按水质可分全淡水区和有咸水区。以固安县南端、坝县西部,永清中部至廊坊市一线为咸淡水接触带,此线西北部为全淡水区,东南为有咸水区(见图 1)。西北部全淡水区,含水砂层岩性多为含砾细砂、细砂、厚度 5—10 米,局部大于 10 米,单位涌水量 2—4 吨/时·米,矿化度 0.5—1.0 克/升, HCO_3 -Ca·Mg 型水。补给迳流条件较好。东南部有咸水分布区,含水砂层岩

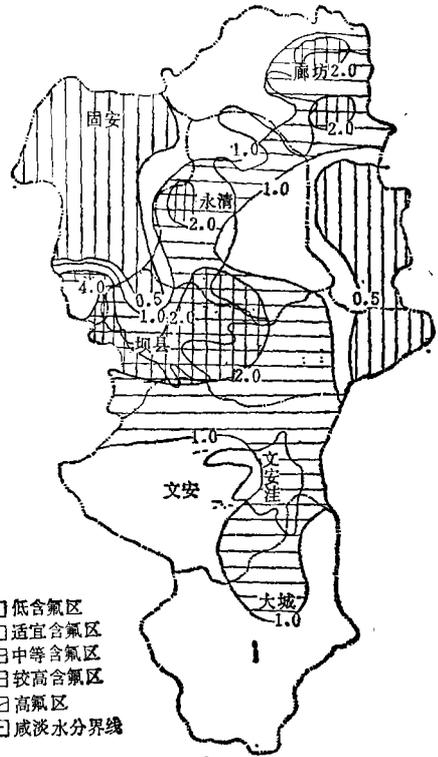


图 1 第 I 含水组地下水含氟量分布图
注: 图 1—3 图例相同, 图 1、2、3、4、6
比例 1:500000。

性为细砂,细粉砂、粉砂、厚度 5—10 米,局部大于 10 米或小于 5 米,单位涌水量 1—5 吨/时·米,矿化度 1—3 克/升,局部大于 3 克/升,或小于 1.0 克/升,为 HCO_3 -Mg·Na 型水,补给迳流条件较差。

第 II 含水组 (Q_3): 本含水组底板,南北两部埋深 80—160 米,中部 160—200 米,

亦可分为全淡水区和有咸水区，分布与第 I 含水组一致。西北部全淡水区含水层岩性为含砾中细砂，厚 30—50 米，单位涌水量 10—15 吨/时米，为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水，矿化度 0.5 克/升左右。东南部有咸水分布区，含水层岩性为细砂，粉细砂为主。厚度 20—30 米，局部 5—10 米，单位涌水量 2—10 吨/时·米，以 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型水为主，矿化度 0.5—1.0 克/升。

第 III 含水组 (Q_2)：本组底板埋深在 240—400 米之间，大城凸起为 240—280 米，冀中拗陷达 380—400 米。西北部含水层岩性为含砾印石粗砂、中砂，厚 60—130 米，单位涌水量 10—30 吨/时·米，为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 或 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Na}$ 型水，矿化度 0.2—0.4 克/升。东南部含水层岩性主要为细砂、中细砂，厚 40—60 米。单位涌水量差异较大。南部 10—30 吨/时·米，北部 5—10 吨/时·米，矿化度 0.4—0.9 克/升，为 $\text{HCO}_3\text{-Mg}\cdot\text{Na}$ ， $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 或 $\text{HCO}_3\text{-Cl}\cdot\text{Na}$ 型水。

二、地下水含氟量分布

氟在本区分布范围较为普遍，按饮用水标准，可分为小于 0.5 毫克/升的低氟区，0.5—1.0 毫克/升适宜含氟区，1.0—2.0 毫克/升中等含氟区，2.0—4.0 毫克/升较高含氟区，大于 4.0 毫克/升高氟区。按上述分级标准，本区地下水含氟量分布明显受水文地质条件及地球化学环境制约，在垂直、平面上均有独特的分布规律及富集部位。

第 I 含水组(浅层淡水及潜水)：大清河以北及大清河以南地下水中含氟量变化规律有明显区别。北部地下水含氟量自西北向东南变化趋势为低—高一低，以全淡水区和有咸水区接触带为最高(图 1)。

第 II 含水组 本组地下水含氟量由西向东逐渐升高，即由低含氟区到适宜含氟区，中等含氟区，较高含氟区，以东部洼地最为富集(图 2)。

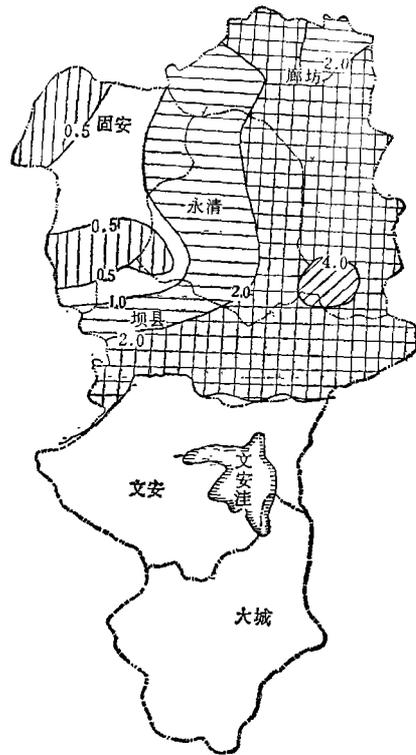


图 2 第 II 含水组地下水含氟量分布图
图例同图 1；比例 1:500000

第 III 含水组 本组地下水含氟量与水文地质条件基本一致，古大清河以北由西北向东南递增，古大清河以南，子牙河古河道最高(图 3)。

三、地下水高氟区分布规律及其环境分析

地下水含氟量受水文地质、地球化学环境、地形、地貌等因素制约。

1. 高氟区出现在山前平原与冲积平原过渡带。第 I 含水组最为明显，分布在北部水文地质单元(坝县以北地区)。第四纪沉积物主要是永定河系洪冲积及冲积物构成，其流域内物质来源主要为震旦系变质岩，侏罗系页岩，火山岩，凝灰质砂岩，安山岩，玄武岩等均有含氟矿物，为氟的富集提供了物质来源。从山前平原到冲积平原，含水砂层由厚变薄，颗粒由粗变细，地下水径流条件由强变弱，

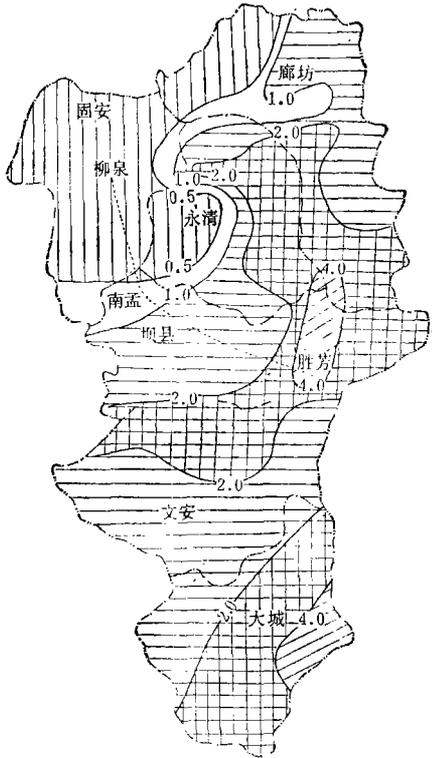


图3 第III含水组地下水含氟量分布图
图例同图1; 比例 1:500000

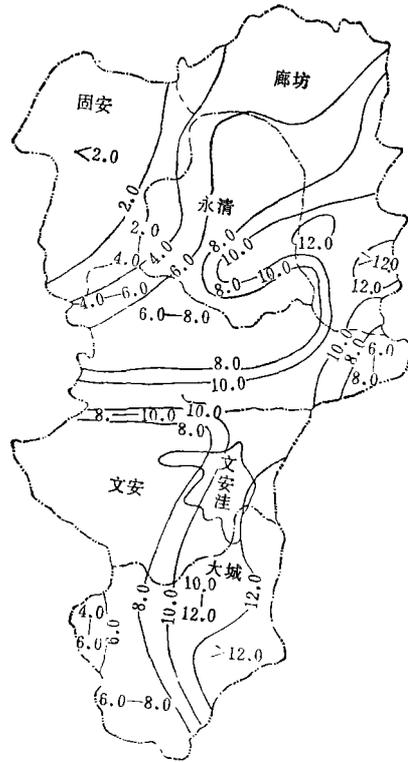


图4 第IV含水组 Na 离子毫克当量等值线图
比例 1:500000

充分溶滤含氟矿物, 在冲积平原的边侧和前缘, 构成了地下水氟富集的水文地质条件. 在咸淡水混合作用下, 地下水化学成分发生较大变化, Ca^{++} 的减少, Na^+ 的增加是地下水氟富集的水化学因素. 处在古地理浅水洼地边缘部位, 有机物质丰富, 在还原的地球化学条件下, pH 值升高, 有利于氟的浸出, 加之蒸发浓缩作用形成较高或高含氟区.

2. 古河道拐弯内侧古洼地带出现高氟区 (如图3所示), 位于文安县北部、坝县、永清东部, 安次南部. 处于南北两大水文地质单元接合部或古大清河拐弯内侧古洼地带. 含水砂层多而薄, 颗粒较细, 迳流条件较差, 丰富的有机质在还原条件下岩石、土壤中氟浸出率高, 形成较高或高氟区.

3. 古河道及其两侧富集. 如第III含水

组, 子牙河古河道及其两侧, 位于大城县东部. 如图3所示, 含水砂层较厚, 颗粒较粗, 迳流条件良好. 子牙河冲积平原物质主要来源于含氟量较高的黑云母斜长片麻岩、角闪片岩, 云母片岩等风化搬运堆积而成, 为地下水中氟的富集提供了物质基础. 地下水中 Na^+ 离子含量较高 (毫克当量大于10) (见图4), Na 、 Ca 比较多 (25左右) 的条件下, 有利于岩石、土壤中氟的浸出, 并在碱性环境中 ($\text{pH}8.5-8.7$) 以离子状态存在于地下水中, 难于形成络合物沉淀, 随地下水迳流而运移, 浓度不断增高, 形成较高或高氟区.

四、地下水氟含量与水中常量离子相关分析

1. 氟含量与钙离子含量为负相关

这是由于氟化钙难溶于水, 产生沉淀, 导

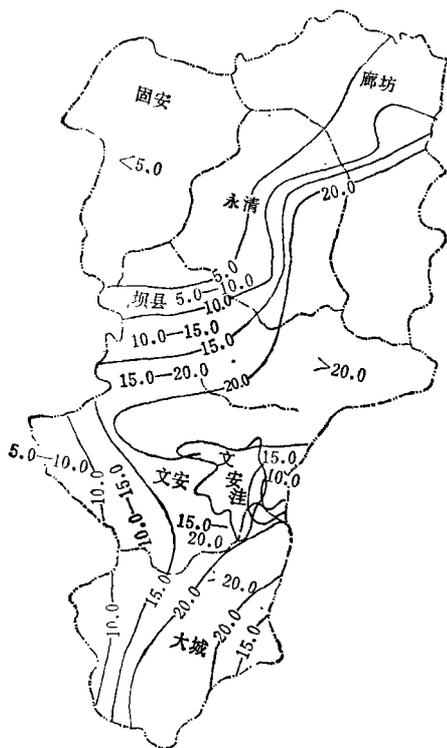


图 5 第 III 含水组 Na, Ca 毫克当量等值线图

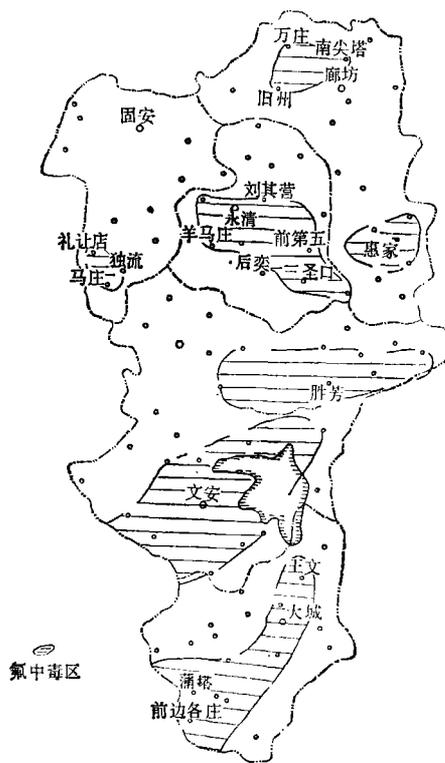


图 7 氟中毒分布现状图

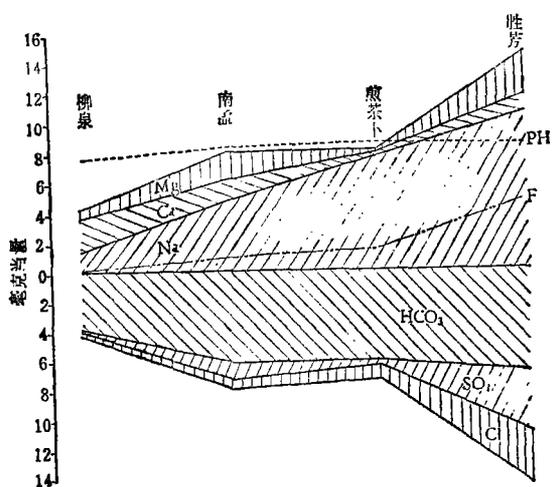


图 6 水化学剖面图固安柳泉—坝县胜芳
比例 1:500000

致地下水中钙含量高，氟含量低的结果。据统计，地下水中钙含量(毫克当量/升)与水中氟含量(毫克/升)相关关系为 $y = 2.8 -$

$0.34x, r = -0.677.$

2. 氟含量与钠离子含量呈对数正相关

地下水中钠离子的增高与富集有利于岩石、土壤中氟离子的浸出。从图 3 及图 4 可见地下水中钠离子与氟含量在平面图上基本一致。其地下水化学剖面也表明：地下水氟含量随钠离子增高而递增。据统计，地下水钠离子含量与氟含量相关关系为 $\ln y = 0.858 \ln x - 0.7005, r = 0.4745$ 根据自由度 $n - 2 = 69$ 查相关显著性表, $r_{0.01} = 0.302$ $r > r_{0.01}$, 相关显著性的水平明显。

3. 含氟量随钠钙比增加而增加，呈对数正相关。

从图 3 及图 5 可见地下水含氟量等值线图(毫克/升)与钠钙比等值线图(毫克当量/升)基本一致。据统计其相关关系为 $\ln y = 0.677 \ln x - 0.298, r = 0.779.$

4. 氟含量随地下水 pH 值增加而增加，

呈直线正相关。

据统计其相关关系为 $y = 2.208x - 15.76$, $r = 0.68446$ 。说明地下水中 pH 值对岩石, 土壤中氟的浸出有直接影响。氟的主要来源是硅酸盐矿物, 而硅酸盐矿物的水解增加了水的碱性, 水的碱性强化硅酸盐的水解作用, 并且氟在碱性环境中以离子状态存在于地下水中, 难于形成氟化物沉淀, 从而提高了氟在地下水中迁移和聚集程度, 同时碱性环境能抑制钙在水中的存在, 有利于氟在地下水中的富集。

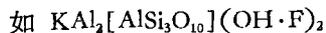
综上所述, 地下水中氟含量多寡是受多种因素综合作用的结果。其中包括不同的水文地质条件和地貌位置, 地下水中各种化学元素含量多少及其之间比例和适宜的地球化学环境、蒸发浓缩作用等等。因此, 有利于形成高氟的水文地质条件和地貌位置并非都是高氟区, 而不利形成高氟水的水文地质条件和地貌位置反而出现高氟水。在多种因素中地下水化学作用及地球化学环境起主导作用, 而水文地质条件和地貌位置仅起次要作用。在同时起主导因素的地下水化学作用及地球化学环境中, 也并非单纯受单项离子浓度的作用, 而是受离子间相互比例制约。如氟含量最高的地点, 并非 Ca^{++} 含量最低, Na^+ 含量最高, Na 、 Ca 比最大, 碱性最强, 而是它们共同作用的结果, 或者某一种因素起主要作用, 其它因素起次要作用, 因此, 地下水中氟的富集是受多种因素影响极为复杂的过程。

根据廊坊地区卫生防疫站地表土壤含氟量调查, 由廊坊市亭子头至坝县胜芳镇, 每 500 米取样一个, 通过 120 个土样分析, 其全氟和水溶氟均超过最高允许标准 (200ppm, 0.4ppm) 由南至北逐渐升高与浅层地下水高氟区相符。在自然界中氟盐及氟硅酸盐矿物的溶解, 水解作用是地下水中氟的主要来源。

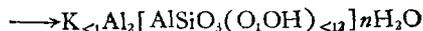
萤石等氟盐在地壳中分布仅为局部, 而萤石不论在酸性条件下, 还是在碱性条件下都可发生水解:



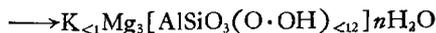
同时含氟硅酸盐的分布十分广泛, 为地下水中氟的来源提供了物质基础:



白云母



水白云母



在含氟硅酸盐风化时, 当白云母转变为水白云母, 黑云母转变为水黑云母时, 氟首先进入地下水, 说明廊坊地区高氟区的形成是由含氟岩石, 土壤通过水解, 离子交换, 解吸附等化学因素, 在适当的水文地质条件, 地球化学环境聚积而成。尽管大气中的氟也是地表水, 地下水和土壤水中氟的来源之一, 但根据本区现有浅层—中深层—深层地下水高氟区呈条带状分布特点, 说明与大气中氟关系并不密切。另外浅层地下水高氟区与厂矿排放污水并没有多大联系, 距厂矿远近, 并不显示废气、废渣、废水污染特征, 由此可见, 本区地下高氟水并非污染所致, 属本区正常环境背景值。

五、地下水高氟区与地方病

根据地区卫生防疫站调查, 本区地方病氟中毒重点区为固安县马庄公社, 西小营大队, 廊坊市北史家务公社亭子头大队, 永清县里兰城、坝县胜芳镇等, 地方病氟中毒分布区均为地下水高氟区, 详见图7。由此可见, 在查清本区地下水含氟量分布规律, 有计划地、有目的地开发地下水, 提高生活用水卫生标准, 是防治氟中毒的根本措施。