

淮北平原浅层地下水氟的水化学特征及影响因素分析

丁 丹¹, 许光泉¹, 何晓文², 梁修雨¹, 许志洋³

(1. 安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南 232001; 2. 淮南联合大学化工系, 安徽 淮南 232001; 3. 安徽工业职业技术学院, 安徽 铜陵 244000)

摘要: 以淮北平原浅层地下水中的氟离子为研究对象, 在分析地形地貌、水文地质条件、地下水化学成分(总硬度、矿化度、氟离子等)水化学类型特征等基础上, 运用统计方法分析了氟离子浓度与 pH 值、 $K^+ + Na^+$ 浓度、 Ca^{2+} 浓度、 $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ 比值、 Mg^{2+} 浓度之间的关系。结果表明氟离子浓度随地下水 pH 值的增大而增大, 与 $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ 比值之间存在着正相关关系, 但是与 $K^+ + Na^+$ 浓度、 Ca^{2+} 浓度、 Mg^{2+} 浓度之间并无明显的相关性。最后讨论了氟离子的影响因素, 提出合理利用地下水的建议。

关键词: 淮北平原; 水化学成分; 水化学类型; 氟离子; 矿化度

中图分类号: X131.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2009)02-0064-05

Chemical characteristics and influential factors of fluorine ions in shallow groundwater of Huaibei Plain

DING Dan¹, XU Guang-quan¹, HE Xiao-wen², LIANG Xiu-yu¹, XU Zhi-yang³

(1. School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China; 2. Department of Chemical Engineering, Huainan Union University, Huainan 232001, China; 3. Anhui Industrial Polytechnic, Tongling 244000, China)

Abstract: After analyzing the topography and geomorphology, the hydrogeological conditions, the chemical components (total hardness, salinity, and fluorine ion), and the hydro-chemical characteristics of the shallow groundwater in the Huaibei Plain, this study analyzed the F^- content variation with pH, the total content of K^+ and Na^+ , the Ca^{2+} content, the $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ ratio, and the Mg^{2+} content using statistical methods. It was found that that the F^- content increases along with the pH value and is linearly related to the $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ ratio, but no apparent correlation has been found between the F^- content and the total K^+ and Na^+ content, the Ca^{2+} content, or the Mg^{2+} content. This paper also discusses the factors affecting F^- and gives suggestions for reasonable utilization of groundwater resources.

Key words: Huaibei Plain; chemical components of groundwater; chemical types of groundwater; fluorine ion (F^-); salinity

氟是一种重要的生命必需元素, 既不可缺少又不可摄取过多。过量的氟可导致人体或动物产生地方性氟病, 表现最明显的是氟斑牙的流行。我国很多地方都存在高氟地下水问题, 淮北平原局部地区地下水也存在着高氟问题, 其氟斑牙患病率达 50% ~ 90% 以上。有关淮北平原浅层地下水氟的特征和形成, 有人做过局部零星研究^[1-3], 但是没有一个系

统的认识。本文以淮北平原浅层地下水为例, 对 F^- 含量的分布特征和影响因素进行分析, 得到一些新的认识。

1 研究区概况

淮北平原位于安徽省北部(东经 $114^{\circ}55' \sim 118^{\circ}10'$, 北纬 $32^{\circ}25' \sim 34^{\circ}35'$), 东接江苏, 西邻河南, 北接

基金项目: 安徽省自然科学基金项目(070415204); 安徽省高校省级自然科学基金项目(kj2008B199)

作者简介: 丁丹(1982—), 女, 安徽砀山人, 硕士研究生, 研究方向为水文地质与工程地质。E-mail: dding@aust.edu.cn

通讯作者: 许光泉, 教授, E-mail: gqxu@aust.edu.cn

山东 南以淮河为界,为黄淮平原的一部分。行政区包括阜阳、亳州、宿州、淮北等市全部,淮南、蚌埠两市大部共 27 个县(市、区)。总面积 37 421 km²,其中平原区面积为 36 708 km²(包括洼地等)。淮北平原年平均降水量为 869.6 mm,年平均降水总量为 325.33 亿 m³,自南向北递减。年平均蒸发量在 800 ~ 1 100 mm 之间,最大多年平均蒸发量在临涣(1 086.6 mm)。年平均径流量 77.72 亿 m³,径流深约合 208 mm,年平均径流系数为 0.24。研究区内的河流为雨源型,故径流的时空分布与降水的时空分布大体一致。淮北平原河流多为西北东南向,境内河流均属淮河流域,见图 1。

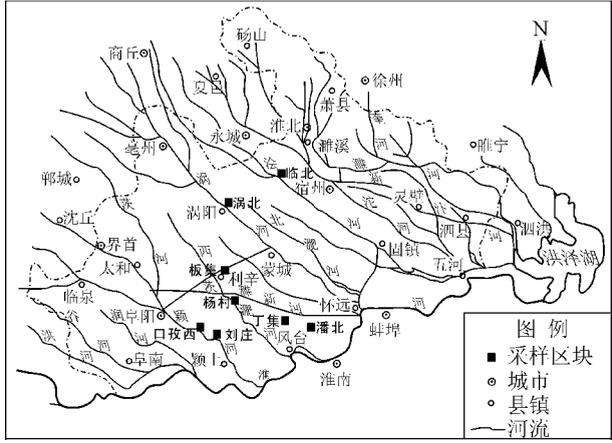


图 1 淮北平原水系分布

广泛分布于平原区的第四系松散岩系(局部区域包括第三系上部)地下水含水层组,按其埋藏深度

和补径排条件,从上至下划分为 3 个含水层组:第一含水组(0 ~ 50 m)、第二含水组(50 ~ 150 m)和第三含水组(150 m 以上)。

第一含水组(下简称“一含”),属孔隙潜水—弱承压水,水位标高在 18.0 ~ 25.5 m 之间。上部含水层厚度在 8 ~ 17 m 之间,分布较为广泛,下部含水层厚度在 2 ~ 8 m 之间,分布不均。地下水位埋深为北深南浅。第二含水组(下简称“二含”),属河床相—河漫滩相沉积的孔隙承压含水层,水位标高在 14.5 ~ 23.7 m 之间。地下水除侧向径流补给外,还有垂向补给。第三含水组(下简称“三含”),属河漫滩相—湖泊相沉积的孔隙承压含水层。水位标高在 14.6 ~ 24.1 m 之间。地下水为完整承压水,含水层厚度一般在 15 ~ 80 m 之间。富水性较强,地下水补径排条件较差,以侧向径流补给为主。

2 研究区的水化学成分特征

共采集“一含”、“二含”、“三含”3 个含水层水样 137 个(图 1)。运用化学分析方法对水样进行测试。其中 Ca²⁺、Mg²⁺ 质量浓度的测定采用 EDTA 滴定法, K⁺ + Na⁺ 的质量浓度通过阴阳离子守恒计算得到。采用舒卡列夫分类法对水样进行水化学分类。表 1 给出的是部分采样点的水化学成分。

2.1 研究区的水化学成分特征

淮北平原地下水化学成分复杂多样,分析数据可得出:“一含”水中,水化学成分比较复杂, Ca²⁺、

表 1 部分采样点的水化学成分

采样区块	采样点	水化学类型	层位	$\rho(K^+ + Na^+)$	$\rho(Ca^{2+})$	$\rho(Mg^{2+})$	$\rho(Cl^-)$	$\rho(SO_4^{2-})$	$\rho(HCO_3^-)$	$\rho(TDS)$	$\rho(\text{总硬度})$	$\rho(F^-)$
临北	临北 7	Na-Mg-HCO ₃	“一含”	116.39	29.38	31.37	14.86	35.40	484.86	469.83	202.3	1.40
	V2	Mg-Ca-Na-HCO ₃	“一含”	40.48	42.24	31.97	20.14	13.58	334.81	315.82	236.9	1.20
	临北 22	Na-SO ₄ -HCO ₃	“二含”	252.75	10.99	44.47	115.66	712.07	404.07	133.97	210.3	0.50
	VI3	Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃	“三含”	307.10	85.97	93.49	242.84	613.70	348.05	1 571.10	599.1	1.00
板集	B5	Na-HCO ₃	“三含”上部	201.99	22.34	16.70	64.66	62.56	497.92	617.21	124.4	0.70
	B2	Na-HCO ₃	“三含”上部	199.57	22.67	15.17	53.85	55.98	464.73	602.66	119.0	0.84
杨村	黄圩孜	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄	“一含”	57.25	71.25	13.20	14.18	75.73	291.87	389.47	232.1	0.60
	杨村集	Ca-Na-Mg-HCO ₃	“一含”	32.48	57.25	0.57	24.82	13.99	242.82	279.84	202.3	0.20
	Y3	Na-HCO ₃	“二含”	175.74	30.16	5.83	51.05	51.45	436.63	550.01	120.8	0.90
	Y1	Na-HCO ₃	“三含”上段	244.65	11.70	20.91	78.53	84.38	453.81	665.43	58.0	1.00
丁集	3	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -Cl	“一含”	100.30	72.78	1.38	96.07	69.15	423.72	616.99	353.2	1.16
	D4	Na-HCO ₃	“二含”	221.26	32.66	11.80	75.62	82.32	461.31	681.97	130.0	0.84
潘北	P4	Na-Cl-HCO ₃	“一含”	519.43	34.70	14.97	173.16	42.81	244.08	1 495.02	151.3	1.00
	P7	Na-Mg-Ca-HCO ₃	“一含”	68.13	39.08	30.16	17.02	23.05	391.99	374.52	221.6	0.80
	P3	Na-HCO ₃ -Cl	“二含”	241.11	33.61	7.17	114.66	82.73	444.23	742.47	142.4	0.80
口孜西	红杨村	Ca-Mg-Na-HCO ₃	“一含”	56.49	54.25	31.42	16.17	16.88	424.70	387.88	264.6	1.00
	钓台	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl	“一含”	57.48	65.59	0.88	64.66	22.23	327.07	396.29	256.6	0.60
	X2	Na-HCO ₃	“二含”	198.74	26.45	7.51	49.44	54.33	494.03	596.45	112.0	0.70
	X3	Na-HCO ₃	“三含”上段	184.69	23.25	7.94	38.83	51.45	435.02	545.87	96.0	1.30
	X8	Na-HCO ₃	“三含”	195.27	24.85	7.86	38.84	54.33	479.23	575.53	95.9	0.60
刘庄	刘水 2	Na-HCO ₃	“二含”	144.76	36.87	3.93	33.25	39.10	483.28	514.38	168.0	0.60
	刘水 6	Na-HCO ₃	“二含”	147.08	21.10	6.97	33.14	38.28	363.68	468.36	116.0	0.46

Mg²⁺、HCO₃⁻、SO₄²⁻ 质量浓度较高 ,pH 值 7.4 ~ 8.3 ,矿化度 245.78 ~ 1495.02mg/L ,总硬度 117.1 ~ 716.0 mg/L。随着取水层位的加深 ,K⁺ + Na⁺、Cl⁻ 质量浓度有增大趋势 ,Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻ 质量浓度有减小趋势。“二含”水中 ,pH 值 7.5 ~ 8.4 ,矿化度 133.97 ~ 2419.78 mg/L ,总硬度 86.6 ~ 471.9 mg/L。“三含”水中 ,K⁺ + Na⁺ 质量浓度普遍较高 ,Ca²⁺、Mg²⁺ 质量浓度较低 ,HCO₃⁻、Cl⁻ 质量浓度较高 ,所以“三含”水的水质类型多为 Na - HCO₃、Na - HCO₃ - Cl 型 ,矿化度有增大趋势 ,达 517.74 ~ 1012.47 mg/L ,总硬度有减小趋势 ,达 51.5 ~ 124.4 mg/L。

综上 ,淮北平原地下水的 pH 值在 7.4 ~ 8.4 之间 ,属于碱性、弱碱性水。平面上 ,矿化度有北高南低的趋势 ,大部分属矿化度小于 1g/L 的重碳酸型淡水 ,局部地区矿化度较高。例如刘庄一带矿化度较高 ,个别水样甚至超过 2g/L。垂向上 ,K⁺ + Na⁺ 质量浓度增大 ,Ca²⁺、Mg²⁺ 质量浓度减小 ,矿化度有向深部增大的趋势 ,而总硬度有减小趋势。

2.2 研究区的水化学类型特征

“一含”水的水化学类型较为复杂 ,多为 Mg - Ca - Na - HCO₃ - Cl、Na - Mg - HCO₃、Na - Ca - HCO₃ - SO₄ 和 Na - Mg - Ca - HCO₃ 型。“二含”水中 ,临北的水化学类型仍然较为复杂 ,多为 HCO₃ - SO₄ 型水 ,其中 Na - Mg - HCO₃ - SO₄、Na - Ca - Mg - HCO₃ - SO₄ 占多数。其余采样区块的水化学类型较为简单 ,多为 Na - HCO₃ 和 Na - HCO₃ - Cl ,Na - HCO₃ 占大多数。“三含”水的水化学类型较为简单 ,大部分为 Na - HCO₃ ,少部分为 Na - HCO₃ - Cl。

2.3 F⁻ 质量浓度分布特征

淮北平原的 F⁻ 质量浓度呈北高南低分布。高氟区主要分布在临北、涡北、阜阳、宿州、淮北等市的中部和北部。浅层高氟水主要分布于北部黄泛平原和涡河、颍河等河流的河间地区。该地区浅层高氟水分布具有明显的区域规律 ,局部具有高低变化较大的特点。研究区的 F⁻ 质量浓度在 0.10 ~ 2.62 mg/L 之间。平面上 ,涡北为转折点。从淮北平原北部到涡北 ,F⁻ 质量浓度呈增大趋势 ;从涡北往南 ,F⁻ 质量浓度呈减小趋势。F⁻ 质量浓度超标最多的是涡北 ,且最大值也在涡北 ,涡北地区的 F⁻ 质量浓度在 0.40 ~ 2.62 mg/L 之间。

垂向上 ,F⁻ 质量浓度有越往深处越小的趋势。“一含”水中 F⁻ 质量浓度超标较多 ,变化范围是 0.1 ~ 2.0 mg/L ,多集中在涡北、丁集。“二含”水中 F⁻ 质量浓度的变化范围是 0.1 ~ 1.1 mg/L ,多数在 0.6 ~ 1 mg/L 之间 ,大都符合饮用水标准。“三含”水中 ,涡北和口孜西 F⁻ 质量浓度超标较多 ,最大值达 2.62

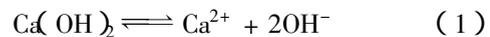
mg/L ,其余均符合饮用水标准。

“一含”、“二含”中的数据均符合正态分布。其中“一含”方差为 0.32 ,均值为 0.66 ;“二含”方差为 0.26 ,均值为 0.62。由于“三含”的水样较少 ,不适宜作概率统计 ,故在此没有深入研究“三含”的 F⁻ 质量浓度分布性质。

3 氟与其他组分的关系

3.1 F⁻ 与 pH 值的关系

地下水的 pH 值对于氟在水中的赋存状态有决定作用。据以往分析^[4-5] ,在中性和偏碱性水中 (pH :7 ~ 8) ,氟的存在形式有 10 余种 ,如 F⁻、BF(OH)₃、HF_{aq}、CaF⁺、AlF²⁺、MgF⁺、AlF₃⁰、AlF₄⁻。F⁻ 占总氟的 79% ~ 96% ,且随着 pH 值的增大 ,F⁻ 所占百分数也增大。碱性、偏碱性水使水中 Ca²⁺ 的活度降低 ,从而使水中 F⁻ 聚集的作用减弱 ,有利于 F⁻ 在地下水中的富集。在水中存在着以下平衡关系 :



地下水呈碱性、偏碱性时 ,OH⁻ 质量浓度高 ,反应式(1)平衡向左移动 ,致使反应式(2)也向左移动 ,所以 F⁻ 质量浓度升高。

碱性、偏碱性水有利于含氟矿物(主要是 CaF₂) 的溶解 ,所以随着 pH 值的增大 ,F⁻ 的质量浓度呈增大趋势。因此 ,碱性、偏碱性水有利于 F⁻ 的富集。淮北平原地下水的 pH 值一般在 7.38 ~ 8.4 之间 ,为碱性、偏碱性水 ,有利于 F⁻ 的富集。

3.2 F⁻ 与 K⁺ + Na⁺、Ca²⁺ 质量浓度的关系

根据测得的水样数据 ,分析 F⁻ 质量浓度与 K⁺ + Na⁺、Ca²⁺ 质量浓度之间的相关关系 ,结果见表 2。

表 2 ρ(F⁻) 与 ρ(K⁺ + Na⁺)、ρ(Ca²⁺) 的相关关系

采样 区块	ρ(F ⁻) 与 ρ(K ⁺ + Na ⁺) 的相关系数 R			ρ(F ⁻) 与 ρ(Ca ²⁺) 的相关系数 R		
	“一含”	“二含”	“三含”	“一含”	“二含”	“三含”
临北	0.2536	0.2575	-	0.1539	0.3399	-
板集	-	-	0.6867	-	-	0.9027
杨村	0.1783	-	0.5274	0.1908	-	-0.9681
丁集	0.2484	0.9320	-	0.3162	-0.7403	-
潘北	0.7349	0.4883	-	0.0173	0.1466	-
口孜西	0.4650	-	-	0.3959	-	-
刘庄	-	0.2458	-	-	0.3327	-

由表 2 可以看出 ,丁集地区“二含”的 F⁻ 质量浓度与 K⁺ + Na⁺ 质量浓度的相关系数较大 ,其余地区均较小 ,可以视为不相关 ;对于 F⁻ 质量浓度与 Ca²⁺ 质量浓度的相关性 ,仅板集地区“三含”和杨村地区“三含”的相关系数较大 ,但是正负相关均有。其余地区的相关系数均较小 ,故也视为不相关。整体来

讲 F^- 质量浓度与 $K^+ + Na^+、Ca^{2+}$ 质量浓度之间并无明显的相关性。

但是进一步研究发现,地下水中 F^- 质量浓度与 $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ 之间多数有相关关系(表 3)。当其他条件相同时,地下水使围岩中氟释放出来并富集于水中的能力随 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 的提高而提高,即 $\rho(F^-)$ 与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 呈一定正相关关系。

表 3 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 的相关关系

采样区块	回归方程	相关系数 R	备注
临北	$Y = 2.9081x + 0.2156$	0.7812	“一含”
	$Y = 10.4710x - 1.2663$	0.6535	“二含”
板集	$Y = -0.0158x + 8.9962$	0.0100	“三含”
杨村	$Y = 7.6389x - 0.2697$	0.9305	“一含”
	$Y = 34.4680x - 9.0055$	0.7552	“三含”
丁集	$Y = 0.8912x + 0.3246$	0.8835	“一含”
	$Y = 10.66x - 0.6159$	0.8760	“二含”
潘北	$Y = 63.767x - 48.797$	0.9928	“一含”
	$Y = 9.2909x + 1.9027$	0.6492	“二含”
	$Y = 0.7536x + 0.3292$	0.9164	“一含”
口孜西	$Y = 8.8357x + 0.5864$	0.8101	“二含”
	$Y = 0.1849x + 7.759$	0.7338	“三含”
刘庄	$Y = -3.7636x + 5.8471$	0.2644	“二含”

注:Y 表示 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$, x 表示 $\rho(F^-)$

当 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 不同时,地下水中的优势离子不同,其化学类型不同。该比值小时,优势离子为 Ca^{2+} , F^- 与 Ca^{2+} 生成 CaF_2 , 而 CaF_2 为难溶物质,所以 Ca^{2+} 的质量浓度制约着 F^- 的质量浓度。

由表 3 中的回归方程和相关系数可以看出,板集和刘庄的 F^- 质量浓度与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 之间的相关性特别小,可以认为 F^- 质量浓度与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 之间没有明显的相关性。

平面上,各含水层中, F^- 质量浓度与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 之间的相关性从北到南呈增大的趋势,其中“一含”水表现得尤为明显。垂向上, $\rho(F^-)$ 与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 之间的相关性呈减小趋势。随着取水层位的加深,它们之间的相关性呈减小趋势,水位埋深越深, $\rho(F^-)$ 受 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 的影响越小。

总体而言,研究区内 $\rho(F^-)$ 与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 呈正相关关系,随着 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 的减小, F^- 质量浓度也呈减小趋势。

3.3 F^- 质量浓度与 Mg^{2+} 质量浓度的关系

将检测的水样数据进行处理后,分析 $\rho(F^-)$ 与 $\rho(Mg^{2+})$ 之间关系,其回归方程及其相关系数如表 4 所示。

从表 4 可以看出,除了杨村“三含”水和口孜西“二含”水中 F^- 质量浓度与 Mg^{2+} 质量浓度之间存在有明显的负相关关系外,其余地区均无明显的相关

性。总体上不能得出 F^- 质量浓度与 Mg^{2+} 质量浓度之间的关系。

表 4 $\rho(F^-)$ 与 $\rho(Mg^{2+})$ 的相关关系

采样区块	回归方程	相关系数 R'	备注
临北	$Y' = -14.31x' + 47.778$	0.3175	“一含”
	$Y' = -23.67x' + 54.7$	0.3676	“二含”
板集	$Y' = 13.983x' + 2.618$	0.5443	“三含”
杨村	$Y' = -5.3133x' + 17.036$	0.3419	“一含”
	$Y' = -7.0636x' - 13.029$	0.8109	“三含”
丁集	$Y' = 8.9838x' + 37.031$	0.1552	“一含”
	$Y' = -11.637x' + 22.669$	0.5713	“二含”
潘北	$Y' = -39.597x' + 55.418$	0.8082	“一含”
	$Y' = -11.711x' + 26.195$	0.4865	“二含”
	$Y' = 40.608x' + 5.1835$	0.4168	“一含”
口孜西	$Y' = -17.029x' + 21.643$	0.8034	“二含”
	$Y' = 0.936x' + 7.6094$	0.6168	“三含”
刘庄	$Y' = 9.4236x' + 11.836$	0.6032	“二含”

注:Y' 表示 Mg^{2+} 质量浓度(mg/L), x' 表示 F^- 质量浓度(mg/L)

4 影响因素分析

4.1 水文地质条件的影响

淮北平原区冲积物来源和岩层组成成分比较复杂,其中分布有大量的高含氟矿物质,且地下水基本为弱碱性或碱性,这些都为氟的迁移和在水中的富集创造了必要的条件,这也是淮北平原很多地区地下水中 F^- 质量浓度较高的主要原因。

淮北平原东北部低山丘陵区周围地下水循环交替较快,地下水 F^- 质量浓度一般小于 1.0 mg/L。平原区河道带及近河泛滥带地下水径流较为通畅, F^- 质量浓度一般小于 1.0 mg/L。远河泛滥带及湖相沉积层区,地下水径流相对滞缓, F^- 质量浓度多大于 1.0 mg/L。河间地的地势平缓低洼,地下水的补、径、排条件较差,地下水径流微弱, F^- 容易富集,其质量浓度较高,往往大于 1.0 mg/L,故河间地多是氟病的高发区^[6]。

4.2 地下水化学类型对氟迁移、富集的影响

由以上分析可知,“一含”水的水化学类型较为复杂,纯属 $Na-HCO_3$ 的地下水不多,但是阳离子和阴离子分别以有利于氟迁移和富集的 $Na^+、Mg^{2+}$ 和 $HCO_3^-、Cl^-$ 为主,水化学类型多为 $Na-Ca-Mg-HCO_3-Cl、Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl、Na-Mg-HCO_3、Na-HCO_3-Cl$ 和 $Na-HCO_3-Cl-SO_4$ 等。 $Na-HCO_3$ 水多存在于深层水,越往深处, $Na-HCO_3$ 水所占比例越大。“二含”和“三含”水的水化学类型较为简单,多为重碳酸型水,其中 $Na-HCO_3$ 水占多数。 $Na-HCO_3$ 水有利于水中氟的迁移和富集,故高氟地下水多分布在 $Na-HCO_3(Cl/SO_4)$ 水分布区^[7]。

5 结论

通过对淮北平原浅层地下水中氟的分布特征以

及影响因素分析,得出以下结论:

a. 平面上,涡北的 F^- 质量浓度最高,从涡北往南北两边分别呈减小趋势。垂向上,除局部地区外,大部分地区“一含”和“三含”水的 F^- 质量浓度较高,而“二含”水的 F^- 质量浓度较低。

b. 地下水的 pH 值越大, F^- 质量浓度越高; F^- 质量浓度与 $K^+ + Na^+、Ca^{2+}$ 质量浓度之间无明显相关性,但是与 $\rho(K^+ + Na^+) / \rho(Ca^{2+})$ 之间存在着线性正相关关系; F^- 质量浓度和 Mg^{2+} 质量浓度之间的相关性不明确。

c. 地下水的水化学类型对 F^- 质量浓度有影响。高氟地下水大多分布在水化学类型为 $Na - HCO_3$ 的地区。

d. 地下水水循环交替的快慢影响着 F^- 的分布。东北部低山丘陵区周围地下水循环交替较快的地方, F^- 质量浓度较低;平原区河道带及近河泛滥带地下水径流较为通畅, F^- 质量浓度较低;远河泛滥带及湖相沉积层区,地下水径流相对滞缓,水循环较慢, F^- 质量浓度较高。

6 建议

针对实际问题,提出以下几点建议:

a. 集中供水,对高氟地下水采取降氟措施。

(上接第4页)石油污染控制,对生活面源污染,应通过改变不良的生活习惯,加强管理等措施,避免粪大肠菌群污染等。对于水库型水源地,应重点加强上游和周边的面源污染控制。

b. 建立健全从水源地到供水末端全过程的饮用水安全监测体系,制定和完善应急供水预案。最近我国新颁布的 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》对生活饮用水水质提出了更高的要求。水源地水质监测是保障饮用水水质安全的第一道防线,准确、快速地反映水源地水质是生活饮用水水质安全的保障条件。目前,我国的水质监测频次和监测项目还不能满足新时期的要求。根据 SL 219—98《水环境监测规范》规定,供水水源地的采样频次每年不得少于 12 次,地表水必测项目为 23 项。按此计算,每个水源地一年的监测数据量最少应达到 276 个。据统计,本次全国地表水水源地监测数据 12 万余个,城市和县镇平均每个水源地监测数据量分别只占应监测数据量的 20% 和 17%。目前开展过有毒有机项目监测的水源地还很少。由于水质监测频次和监测项目不足,在水质监控、预报和评价工作中会与实际情况产生偏差,造成不必要的损失。

c. 加强水源地保护管理,完善饮用水安全法律

b. 寻找低氟水源,可以考虑水质较好的水源或者较深的地下水。例如临北、刘庄,其“二含”水中 F^- 质量浓度都较低,可以考虑“二含”水的开采与利用。板集“三含”水中 F^- 质量浓度较低,可以考虑此地区“三含”水的开采与利用。

c. 防止环境污染和水体污染,以免引起 F^- 质量浓度增高。

参考文献:

- [1] 赵宏海,沈传连. 宿州矿区浅层地下水中氟的分布及形成机理[J]. 中国煤田地质, 1999, 11(3): 39-43.
- [2] 郑路. 安徽省长江以北地区土壤水溶性氟离子含量及分布特征[J]. 农村生态环境, 1997(3): 3-12.
- [3] 邓英春. 安徽省高含氟地下水成因及其分布特征[J]. 江淮水利科技, 2006(2): 22-24.
- [4] 曾溅辉,刘文生. 浅层地下水氟的溶解/沉淀作用的定量研究[J]. 地球科学, 1996, 21(3): 337-340.
- [5] 张威,傅新锋,张甫仁,等. 地下水中氟离子含量与温度、pH 值、 $(K^+ + Na^+) / Ca^{2+}$ 的关系: 以河南永城矿区为例[J]. 地质与资源, 2004, 13(2): 109-111.
- [6] 曾邵华. 地下水中氟形成的控制因素及其分布规律[J]. 吉林地质, 1997, 16(4): 26-31.
- [7] 任福弘,曾溅辉,刘文生,等. 高氟地下水的水化学环境及氟的赋存形式与地氟病患病率的关系: 以华北平原为例[J]. 地球学报, 1996, 17(1): 85-96.

(收稿日期 2007-11-01 编辑 徐娟)

法规和评价标准体系。据统计,目前我国仅三分之一的水源地建立了相关的法律法规,编制了应急预案。划分保护区的水源地仅占 19%。总体上看,我国城市饮用水水源地的保护和管理状况不理想。

d. 在节约用水的前提下,合理调配水源。科学改造和扩建现有水源地,科学规划新建水源地工程,提高供水能力。鉴于河流型水源地水质不稳定,管理上难度大,建议城市饮用水水源建设和配置中,优先考虑水库型水源地,提高水质安全保障程度。

参考文献:

- [1] 李祚泳. 环境质量评价原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 毛兴华. 常用水质评价方法的选择[J]. 水科学与工程学报, 2006(1): 21-23.
- [3] 唐克旺,王研. 我国城市供水水源地水质状况分析[J]. 水资源保护, 2001(2): 31-32.
- [4] 陈家琦. 水安全保障问题浅议[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 276-279.
- [5] 新华社. 温家宝主持会议研究城市饮用水安全保障工作[EB/OL]. [2007-8-22]. <http://politics.people.com.cn/GB/1024/6154955.html>.

(收稿日期 2007-08-30 编辑 高渭文)