

文章编号:1671-4814(2010)02-120-07

浙江北部地区地下水高氟和高砷分布特点和建议*

姜月华¹, 李云², 周迅¹, 贾军元¹, 周权平¹, 李云峰¹

(1 南京地质矿产研究所, 南京 210016)

(2 中国地质科学院研究生部, 北京 100083)

摘要:在分析了浙江北部地区地下水类型、特征、地下水开采现状和水位变化基础上,通过不同类型地下水深井样品测试数据的研究,查明了区域地下水高氟和高砷的分布特点。高氟区主要出现于妙西花岗岩裂隙水和白雀岩溶水分布区,高砷区主要位于南浔第Ⅰ承压含水层局部区域。研究认为高氟和高砷地下水分布区与区域土壤和浅层地下水中总氟和总砷含量没有直接联系,深井地下水中的高氟和高砷主要与深部断裂构造有关。研究地区的这种高氟和高砷地下水目前仍然为很多居民所饮用,作者认为长期饮用这种高氟和高砷地下水容易导致地方病的产生,建议在高氟和高砷地下水分布区停止生活用水开采,有条件的企事业单位应实行改水方案。

关键词:地下水;高氟和高砷;分布;地方病;浙江湖州

中图分类号:X14, P641

文献标识码:A

1 引言

浙江北部地区包括了湖州市、南浔、菱湖和乌镇,地处浙、皖、苏、沪三省一市交界处的长江三角洲上。全区地貌可大致分为东部水网平原和西部丘陵山地两大类型,属北亚热带季风气候,人均水资源占有量不足浙江省平均水平的1/3,水资源相对不足,加之降水时空分布的不均,使水资源缺乏矛盾更加突出。虽然东、西苕溪经湖州市流入太湖(东、西苕溪年径流总量近 $7.5 \times 10^8 \text{m}^3$),为缓解区域水资源短缺的矛盾创造了条件,但是,由于经济的快速发展,区域地表水资源却面临着严重污染的问题,目前在村镇及其附近地区水质多为Ⅳ~Ⅴ类。为缓解水资源压力,浙江北部地区较早地开始利用地下水资源。从总体看,在西部丘陵区主要利用岩溶水和裂隙水,在东部平原区主要松散岩类孔隙水,特别是第二承压水。因此,查明地下水水质特别是其中的有害组份如镉、铅、铬、汞、 NO_3^- 、氟和砷等的分布特点和成因机理十分有必要。

* 收稿日期:2009-11-03

基金项目:中国地质调查局基金项目(121201063400、1212010634404、1212010914006)资助。

第一作者简介:姜月华(1963~),男,研究员,从事水文地质和环境地质研究。

本文根据近年的工作成果,仅讨论氟和砷在浙江北部地区地下水中的分布特征,旨在为该地区地下水的利用以及地方病的防治提供基础资料和理论依据。

2 水文地质背景

2.1 地下水类型及其特征

根据地下水赋存条件、水理性质、水力特征,区内地下水可分为松散岩类孔隙水、岩溶水与基岩裂隙水三大类。

松散岩类孔隙水 松散岩类孔隙水主要分布于山麓地带、山间沟谷以及广大平原浅部地区,开采利用相对较少。本区最主要开采目的层为中更新统砂性土第二承压含水层(Q_2)。含水层可分上下2组。上组分布面积约820 km²。岩性以细砂、砂砾石层为主,结构松散。顶板埋深由西往东逐渐加深,湖州——塘甸一带40~80 m,戴山——升山以东90~120 m。含水层厚5~22 m,呈由西往东逐渐增厚趋势。单井涌水量以100~1 000 m³/d为主,局部地段如双林、马腰、漾西、东迁、轧村等地及与桐乡交界的部分地段>1 000 m³/d。承压水位标高-5~-20 m,湖州镇、菱湖、南浔等地超过-20 m。水质皆为淡水。下组分布面积约800 km²。岩性以砂砾石层夹粘性土为主,结构密实,透水性差。顶板埋深湖州镇一带54~82 m,往东逐渐加深,至南浔等地>140 m,含水层厚度也由西部的2~3 m增至8~15 m。含水层单井涌水量一般<100 m³/d,水质皆为淡水。水化学类型: HCO_3-Ca 、 $HCO_3-Na \cdot Ca$ 。

岩溶水 主要赋存于湖州市西北山区碳酸盐岩分布区。组成含水岩组的岩系有:三叠系下统青龙群灰岩、二叠系上统长兴灰岩、下统栖霞组含沥青灰岩、含燧石结核灰岩、石炭系上统黄龙组和船山组灰岩、球状灰岩及白云质灰岩等。岩溶分布区面积可达约40 km²,总体富水性中等,单井涌水量(降深统一以20 m计)150~1 000 m³/d,局部>1000 m³/d。水化类型 HCO_3-Ca 。富水性受岩性结构及构造等因素控制,栖霞组、船山组和黄龙组灰岩以及北西向及近东西向断裂带附近岩溶较发育,富水性较好,如温1孔降深为5.8 m时,涌水量达870 m³/d。

基岩裂隙水 分布于丘陵山区,分布面积约325 km²。分为碎屑岩类层状裂隙水、火山岩类块状构造裂隙和侵入岩类风化裂隙水三类。碎屑岩类层状裂隙含水组分布于西部云峰顶和妙西、金鸡山等地,面积约100 km²,富水性受岩性、构造控制。五通组石英砂岩裂隙发育,单井涌水量>100 m³/d,富水性中等;茅山组砂岩结构致密,单井涌水量<100 m³/d,水量贫乏。碎屑岩类层状裂隙水水质好,为低矿化软水,溶解性总固体<0.4 g/L,水化学类型属 HCO_3-Ca 型。火山岩类块状构造裂隙含水组分布于基岩山区,面积180 km²。水量贫乏,泉流量0.1~0.3 L/s,水质好,为低矿化软水,溶解性总固体<0.2 g/L,水化学类型 $HCO_3-Ca \cdot Na$ 。由于该含水组富水性贫乏且极不均一,因而无集中供水意义。侵入岩类风化裂隙含水组分布于妙西、埭溪等溪沟两侧,面积45 km²。风化裂隙窄小,富水性一般贫乏,泉流量<0.05 L/s,单井涌水量<100 m³/d,部分与第四系接触部位水量较大,如妙西采石场1号井,涌水量达1 080 m³/d(降深40 m)。水质为弱酸—中性极软水,溶解性总固体<0.31 g/L,水化学类型 $HCO_3-Ca \cdot Na$ 型,一直作为饮用水源。

2.2 地下水开采现状和水位变化

上世纪80年代初期地下水年开采量为 300×10^4 m³,90年代初期地下水年开采量为 440×10^4 m³,近年来地下水年开采量达 730×10^4 m³,主要开采第Ⅰ孔隙承压水和岩溶水、基岩裂隙水。

第Ⅰ孔隙承压水层原始静水位标高为+3~+5 m,由于开采,孔隙承压水水位一般在-10~-15 m。湖州镇、南浔、菱湖和乌镇四个水位降落漏斗中心水位低于-20 m~-30 m。Ⅰ层孔隙承压水水位年内变化,在南浔、湖州镇、双林、菱湖等开采量较大区域主要受开采量控制,集中取水的6~10月水位较低,其余月份相对较高。总体上年内变幅因富水性而差异,年水位变幅一般在5~12 m。岩溶水原始静水位埋深为0~4 m,经多年开采后,各岩溶带静水位埋深有了不同程度的下降,如三天门岩溶带为-27 m,赵湾、黄芝山岩溶带-15~-17 m,杨家埠岩溶带-5.8 m。基岩裂隙水原始静水位埋深略低于地表,为0~2 m,但在开采井附近静水位已很深,如在开采量较大的杨家埠讯3井、三天门旁2井、妙西乡妙石1井,静水位埋深均低于40 m。

3 地下水氟和砷分布特点

为查明浙江北部地区地下水中氟和砷的分布特点,我们对该区现存不同类型的地下水深井进行了样品采集,其中,平原区第Ⅰ孔隙承压水14组,岩溶水2组,基岩裂隙水3组,共计19组。由于研究区第Ⅰ孔隙承压含水层、岩溶水和基岩裂隙水含水层分布面积有限,因此,采集的这些深井样品可以满足水质评价要求。本次研究采集的地下水样品测试由浙江省地矿局实验室测试完成。

测试结果表明,浙江北部地区不同类型深层地下水中氟和砷存在明显不同分布特点(表1,图1和图2)。

表1 研究区深层地下水中氟和砷的含量

Table 1 Contents of fluorine and arsenic of deep groundwater in studied areas

地下水类型	样号	地点	项目(mg/L)	
			氟	砷
第Ⅰ孔隙承压水	w10	湖震3	0.52	<0.004
	w14	乌镇5	0.16	0.015
	w16	马革	0.08	0.02
	w19	泽绢	0.6	0.008
	w30	菱食	0.56	<0.004
	w33	双林	0.1	0.009
	w499	环丝	<0.01	0.02
	w500	旧铝	<0.1	0.01
	w502	织大	<0.1	0.02
	w503	漾西	<0.1	0.01
	w506	林粮2	<0.1	0.04
	w509	正昌	<0.1	<0.01
	w510	菱粮1	0.3	<0.01
	w515	德革	<0.1	0.08
岩溶水	w511	温2	3	<0.01
	w512	通缆	<0.1	<0.01
	w494	妙石1	2.5	<0.01
裂隙水	w496	泉科	0.5	<0.01
	w32	妙西	2	<0.004

注:样品由浙江省地矿局实验室测试

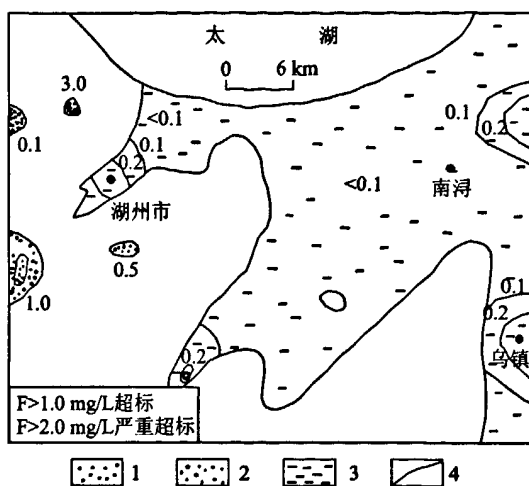
图1 研究区深层地下水 F^- 含量等值线图

Fig. 1 Fluorine isoclines of deep groundwater in studied areas

1-岩溶水;2-裂隙水;3-第Ⅰ孔隙承压水;4-孔隙承压水分布界线

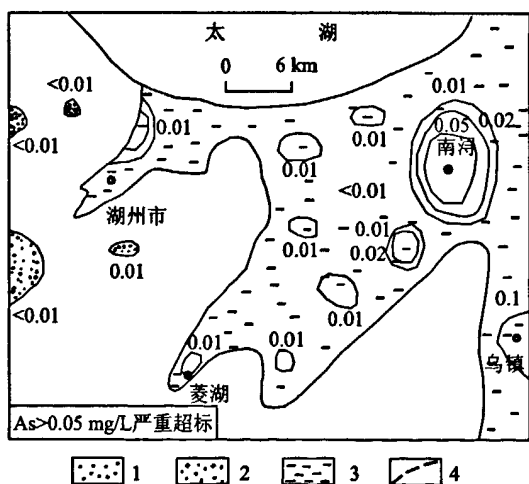


图2 研究地区深层地下水砷含量等值线图

Fig. 2 Arsenic isoclines of deep groundwater in studied areas

1-岩溶水;2-裂隙水;3-第Ⅰ孔隙承压水;4-孔隙承压水分布界线

其中,地下水中高氟区主要出现于湖州西部的岩溶水和基岩裂隙水分布区,氟含量严重偏高。如湖州西北部的岩溶水白雀乡83011部队温2井和温4井,氟含量达3.0 mg/L;湖州西南部的基岩裂隙水井妙西和妙石1井等 F^- 含量一般在2.0~3.0 mg/L之间,这些含量值均大大超过国家饮用水卫生标准^[1]和地方性氟中毒病区控制标准^[2](≤ 1.0 mg/L)。位于平原区的第Ⅰ孔隙承压水则均未见超标现象。深井水高氟曾经在浙江一些地区引起氟斑牙流行^[3-4]。

地下水中高砷区主要出现于平原区第Ⅰ孔隙承压含水层的局部地段,如平原区东部的南湖一带砷含量严重超标(国家饮用水卫生标准^[1] ≤ 0.01 mg/L),达到0.08 mg/L;在南部

的马腰和西部的湖州市北部地区地下水中砷含量达 0.02 mg/L ,也超过了国家饮用水卫生标准。而在岩溶水和基岩裂隙水分布区未见砷超标现象。

4 高氟和高砷地下水成因机理探讨

深部地下水中高氟和高砷的成因不外乎有来自原地地层本身溶解和异地(上部土壤和浅层地下水、来自侧向地下水供应或来自深部)来源两种。张景荣等(1998)^[5],任福弘等(1996)^[6],汤鸣皋等(1995)^[7]曾对地下水中氟的成因机理作过讨论。

谢正苗2005年^[8]对杭嘉湖平原土壤中氟元素的空间分布特征的研究,发现杭嘉湖平原表层土壤全氟含量分布表现为东部>中部>西部,主要集中在 $200\sim 300\text{ mg/kg}$ 之间,低于我国土壤氟背景值的平均值 478 mg/kg ($50\sim 3\,467\text{ mg/kg}$)^[9];西部土壤母质主要以黄壤和红壤性坡残积物为主,全氟含量更低为 $100\sim 200\text{ mg/kg}$,没有高含量的异常区域。

据南京地质矿产研究所等(2004年)^①的资料,研究区浅层地下水(潜水)中未见相应的高砷区和高氟区。如浅层地下水(潜水)中全区 F^- 含量主要 $\leq 0.5\text{ mg/L}$,仅局部地区存在 $0.5\sim 1.0\text{ mg/L}$ 的分布区(图3)。

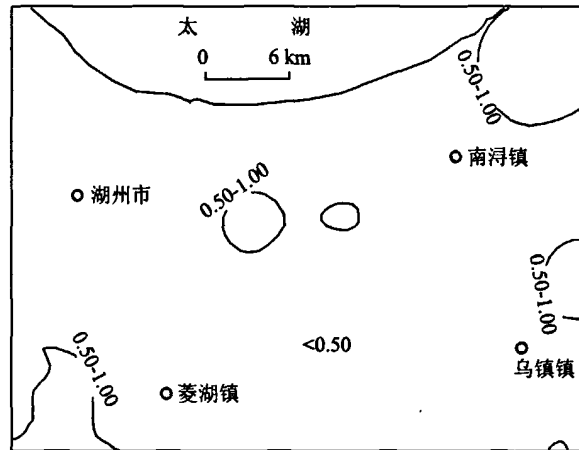


图3 研究地区浅层地下水中氟含量(mg/L)等值线图

Fig. 3 Fluorine (mg/L) isoclines of shallow groundwater in studied areas

由上可知,本区在土壤和浅层地下水中均没有发现明显的氟和砷的高值异常区域。与深层地下水相对应位置的水土分布区全部是低含量的砷和氟分布区域。显然,深层地下水的高砷和高氟与土壤和浅层地下水之间没有任何联系。

从研究区高氟和高砷深井的分布来看,均呈现为小范围或小区域的分布特点。在同一花岗岩或灰岩地区,可以发现有的深井氟含量高,有的却很低,如岩溶区温2井为 3 mg/L ,通缆井 $<0.1\text{ mg/L}$;花岗岩裂隙水区妙石1井 2.5 mg/L ,妙西井 2.0 mg/L ,而泉科井仅 0.5 mg/L ,显示了高氟地下水在地下深部分布的不均一性。平原区第Ⅰ孔隙承压含水层原始沉积环境基本一致^②,且高氟深井的分布也呈不均匀状,因此,可以排除花岗岩、灰岩和平原区松散

① 南京地质矿产研究所、江苏地调院、浙江地调院。2004,环太湖地区浅层地下水和土壤环境质量综合研究(研究报告)

② 南京地质矿产研究所、浙江省第九地质大队。2001,杭嘉湖地区1:5万生态环境地质调查试点(研究报告)

层中高氟和高砷来自原地地层本身的溶解和来自侧向地下水的供应。

结合区域基岩构造分布特点,我们认为研究地区的地下水高砷和高氟异常区域主要是由于受断裂构造影响所致。从图4中可以清楚地看到高砷和高氟异常区均有断裂通过,由于沿断裂带地下水的运动从而使深部的高砷和高氟地下水随着地下水的不断开采而始终保持在相对稳定的小范围内。

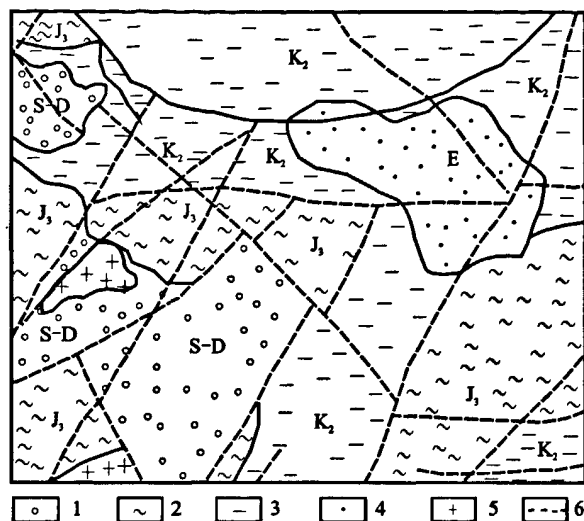


图4 研究地区基岩断裂构造分布图

Fig. 4 Sketch of fracture structures of bedrocks in studied areas

1-志留-泥盆系;2-上侏罗统;3-上白垩统;4-第三系;5-花岗岩;6-断裂

5 结论

(1)浙江北部地区存在着地下水高氟和高砷异常区,高氟区主要出现于妙西花岗岩裂隙水和白雀岩溶水分布区,高砷区主要位于南浔第Ⅰ孔隙承压含水层局部区域。研究认为高氟和高砷地下水分布与区域土壤和浅层地下水中总氟和总砷含量之间没有直接联系,深井地下水中的高氟和高砷主要与深部断裂构造有关。

(2)超过国家饮用水卫生标准的高氟和高砷地下水目前仍然为当地很多居民和驻军部队官兵所使用,研究认为长期饮用这种高氟和高砷地下水容易导致地方病的产生,建议在高氟和高砷地下水分布区停止生活用水开采,有条件的企事业单位应实行改水方案,如在有关专家指导下可以采取混凝沉淀法、滤层吸附法、电化学法、蒸馏法和反渗透以及电渗析等膜分离技术^[10],或是以上方法的组合方法进行改水。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB5749-1985 生活饮用水卫生标准.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB17017-1997 地方性氟中毒病区控制标准.
- [3] 楼俊,范伟忠,叶小娜,等. 深井水高氟引起氟斑牙流行[J]. 中国地方病防治杂志, 1998, 13(6): 373.
- [4] 周金水,黄学敏,朱文明,等. 浙江省2004年地方性氟中毒现状调查[J]. 中国地方病防治杂志, 2005, 20(3): 181-182.

- [5] 张景荣,朱法华,陈汝秀,等. 江苏丰、沛、铜地区高氟地下水成因探讨[J]. 高校地质学报, 1998, 4(2): 140-145.
- [6] 任福弘,曾灏辉,刘文生,等. 高氟地下水的水文地球化学环境及赋存形式与地氟病患病率的关系[J]. 地球学报, 1996, 17(1): 85-97.
- [7] 汤鸣皋,沈照理,钟佐集. 河北平原第四系水土中氟的地球化学研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1995, 20(4): 450-454.
- [8] 谢正苗,李静,徐建明,等. 杭嘉湖平原土壤中氟元素的空间分布特征[J]. 中国环境科学, 2005, 25(6): 719-723.
- [9] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [10] 李金英,佟元清,王立新,等. 高砷和高氟水处理方法与展望[J]. 中国地方病学杂志, 2006, 25(5): 588-589.

Distribution characteristics of high content fluorine and arsenic of groundwater and countermeasure in Huzhou areas of Zhejiang Province

JIANG Yue-hua¹, LI Yun², ZHOU Xun¹, JIA Jun-yuan¹, ZHOU Quan-ping¹, LI Yun-feng¹

(1 *Nanjing Institute of Geology and mineral resources, Nanjing, 210016, China*)

(2 *Department of graduate student, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100083, China*)

Abstract

On the basis of the analysis of groundwater types, characteristics, groundwater exploitation and water level changes, the regional distribution of the high fluoride and arsenic groundwater were turned up in Huzhou areas of Zhejiang Province according to studying the test data of the different types of groundwater from the deep wells. High fluoride areas are occurred in the distribution areas of granite fissure water in Miaoxi town and those of karst water in Baique town. Areas with high concentration of arsenic are discovered mainly in the second confined aquifer of Nanxun city. The article suggests that there is no direct relationship between high fluoride and arsenic groundwater distribution areas with the contents of the total fluoride and total arsenic in soil and shallow groundwater, however, high fluoride and arsenic of the deep well groundwater are principally related with deep faults. The groundwater with high fluoride and arsenic in the studied area is still drunk by the residents. Authors thought that long-term consumption of such groundwater can lead people to the emergence of endemic easily, therefore, authors suggest stopping the exploitation of groundwater in this area for life, and some enterprises should carry out the program of groundwater management.

Key words: groundwater; high fluoride and arsenic; distribution; endemic; Huzhou areas of Zhejiang Province