

化工技术

碳吸附对海水入侵区地下水氟及其他性质影响

陈桥¹ 宋召军¹ 芦清水² 李福来³ 孙琳¹ 张春荣¹

(山东科技大学地球科学与工程学院,山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室¹,青岛 266590;

中国科学院烟台海岸带研究所²,烟台 264003;

中国石油大学(华东)地球科学与技术学院³,青岛 266580)

摘要 沿海海水入侵区地下水氟中毒屡见不鲜,对比分析氟超标但经吸附处理、氟未超标和氟超标村庄地下水性质发现:经过简单吸附法处理高氟地下水,虽然氟处于正常阈值,但 Cl^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、TDS和总硬度等仍严重超标。处理后的地下水与氟中毒村庄地下水 E_c 、TDS、总硬度、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 等指标相当,表明单一吸附法仅使得地下水氟降低,但对其它离子影响较小,吸附法处理的地下水仍存在饮用风险。地球化学指标也表明,氟中毒村庄地下水受海水入侵影响显著,高氟地下水与海水入侵相伴而生。因此,在处理海水入侵区高氟地下水时,应考虑海水入侵与地下水氟富集的关系,发展特殊的综合处理技术。

关键词 海水入侵 氟 地下水 处理技术

中图分类号 TQ124.3; 文献标志码 A

氟是地壳中含量较高且化学活性较强的元素之一,也是人体的微量元素之一。环境中氟含量过高或不足都会导致人体氟的失调,从而危害人体健康。人体过高的氟含量导致氟斑牙和氟骨症^[1,2];除此之外,过量的氟破坏原生质,抑制脂肪酶、骨质磷酸酶和尿素酶等酶活性,抑制生殖腺、肾上腺和胰腺内分泌等^[3]。

高氟地下水是地方性氟中毒主要来源^[4]。近年来的调查表明在海水入侵区地下水氟超标现象屡见不鲜,如山东莱州湾一带^[5-7]、辽宁营口盖县^[8]、广东潮阳一带^[9]等。这些地区由于地下水资源短缺,往往仅对地下水进行简单的氟吸附处理后就加以利用;特别是近年来,莱州湾沿岸投入了大量的人力财力进行改水工程,氟中毒得到了有效的防治,但仍满足不了需要。为缓解当地用水紧张,一些村庄自发地采用单一的吸附法处理高氟地下水。

发展方便、廉价有效的除氟方法是处理高氟地下水污染的根本途径。出现了一系列处理方法,如

经常采用的化学沉淀法、混凝沉降法、吸附法、反渗透法等。由于吸附法操作简单且无二次污染,被广泛运用于海水入侵区高氟地下水处理。另一方面,这些区域地下水不仅存在氟超标问题,受海水入侵的影响,地下水 Na^+ 、 Cl^- 、TDS, pH等显著升高。更为重要的是,近年来的研究发现海岸带沿岸地下水氟超标与海水入侵引起的地下水性质变化存在密切关系^[5-7],海水入侵是海岸带沿岸地下水氟富集的重要动力。因此,吸附法处理带来一系列应思考的问题:吸附法处理的海水入侵区高氟地下水安全性如何?吸附法对地下水氟去除效果如何?在去除氟离子同时,对其它离子有无影响及影响效果如何?在综合处理海水入侵区的高氟地下水,如何思考海水入侵与地下水氟富集的关系等等。这些问题对探讨海水入侵区地下水综合处理技术、饮用水安全等具有十分重要的意义。

基于此,本文以山东莱州湾氟超标但经吸附处理村庄地下水为对象,分别系统采集氟超标村庄处理后的地下水、邻近氟未超标村庄地下水、未处理氟超标村庄地下水,以期:①参照饮用水标准,评估吸附法处理后的高氟地下水质量;②对比分析处理氟超标村庄、邻近氟未超标村庄和未处理氟超标村庄地下水水质,探讨简单的吸附除氟对地下水氟及其他因子的影响。

2013年12月20日收到 国家自然科学基金(40901027, 41106036, 71303140)、山东省自然科学基金(ZRD2011DQ006)、中科院创新团队国际合作伙伴计划、中央高校基本科研业务费专项资金(13CX02036A, 12CX04011A)资助
第一作者简介:陈桥(1979—),男,博士,讲师。研究方向:环境地球化学。E-mail: qchen5581@163.com。

1 区域概况及样品采集分析

1.1 采样区概况

本次样品取自于山东莱州湾沿岸。莱州湾区域基底主要是由一套太古代-元古代变质岩组成,其沉积盖层由早白垩纪青山群、始新世黄县组、玄武岩和第四系构成,其中第四系沉积物出露最为广泛,以全新世和更新世为主,其他地层出露零星,仅在区域边缘可见。更新世地层中砂岩层和砾岩层是主要的含水砂层。

由于该区离渤海和黄海较近,再加之受到海进海退的影响,该区地下水海水入侵十分严重^[10,11],南岸以古海水、卤水入侵为主,北岸以现代海水入侵为主。同时,该区地下水氟含量普遍超标,据估算,大约有 640 000 人患氟班牙或氟骨症^[12],莱州湾沿岸各相关县(市)均有涉及,报道的地下水氟含量甚至达到 12 mg/L^[13]。受水资源短缺影响,当地居民采用吸附法处理高氟地下水,广泛用作工业生产、农业灌溉及饮用水。

1.2 样品采集及测试分析方法

样品来自区域内 6 个村庄,其中 A 村为经过单一吸附法处理的高氟地下水,B 村为邻近区域氟未超标村庄地下水,C 村和 D 村为邻近区域未处理高氟地下水。采样时,每个村庄随机均匀采集 5 个样品以上,采集样品后立即送实验室,pH、TDS、Ec 用电导率仪测定,CO₃²⁻和 HCO₃⁻采用双指示剂滴定法测定,F⁻、Cl⁻、Br⁻、NO₃⁻、NO₂⁻、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、

Mg²⁺、Sr²⁺ 用离子色谱仪进行分析,分析误差均 ≤5%。

2 结果与讨论

2.1 吸附法处理地下水地球化学特征

表 1 中 A 村为所采集的经过吸附法处理后的村庄地下水统计结果,参照地下水质量分类标准(GB/T 14848—93 和 GB/T14848—2007),该区地下水氟含量为 0.48 mg/L,属于 I 类,也低于人体健康安全阈值,这表明吸附法使得地下水氟含量明显降低。除此之外,该村地下水 pH 和 SO₄²⁻ 属于第 II 类,适用于生活饮用水水源及工农业用水。但该村地下水 Cl⁻、NO₃⁻、NO₂⁻ 和总硬度严重超标,属于 V 类,溶解性总固体(TDS)属于 IV 类,不宜直接用作饮用水。

该村地下水地球化学性质也存在明显的海水入侵特征,根据国家地质调查局颁布的海水入侵化学指标判断标准(DD2008—03),该村处理的地下水 Cl⁻ 仍大于 250 mg/L,矿化度大于 1.0 g/L,Br⁻ 大于 0.66 mg/L,表明该村地下水已受到海水入侵的影响。除此之外,钠吸附比(SAR)也常作为判断海水入侵的标准之一,其中

$SAR = (Na^+ / 23) / [(Ca^{2+} / 40) + (Mg^{2+} / 24)]^{1/2}$, 式中 Na⁺, Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 单位均为 mg/L,经计算,该村处理后地下水 SAR 值 2.26,超过标准值 2.0,也表明该村地下水受到海水入侵的影响。

表 1 山东莱州湾村庄地下水化学性质特征

Table 1 The groundwater chemical characteristics in villages along Laizhou Bay, Shandong province

	A 村			B 村			C 村			D 村		
	均值	方差	类型	均值	方差	类型	均值	方差	类型	均值	方差	类型
F ⁻ /(mg·L ⁻¹)	0.48	0.2	II	0.27	0.03	II	1.25	0.39	IV	1.21	0.29	IV
pH	7.387	0.286	III	7.593	0.135	III	7.266	0.09	III	7.288	0.094	III
Ec/(μs·cm ⁻²)	3 326	1 722.9		1 371.6	260.2		2 513.5	377.5		2 882	374.5	
TDS/(g·L ⁻¹)	1.683	0.856	IV	0.691	0.136	III	1.256	0.187	IV	1.444	0.187	IV
总硬度/(mg·L ⁻¹)	1 011.38	83.76	V	479.45	-	IV	866.79	120.18	V	957.7	109.53	V
Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	771.35	533.11	V	144.87	43.26	II	412.84	76.21	V	510.64	61.86	V
NO ₃ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	342.609	151.91	V	237.26	45.96	V	390.38	82.03	V	515.75	122.25	V
NO ₂ ⁻ /(mg·L ⁻¹)	1.12	0.36	V	0.04	-	V	0.99	0.84	V	0.72	0.24	V
Br ⁻ /(mg·L ⁻¹)	1.99	1.28		0.39	0.13		0.76	0.18		0.77	0.11	
SO ₄ ²⁻ /(mg·L ⁻¹)	148.16	75	III	103.44	18.9	II	135.13	34.23	II	166.24	94.72	III
HCO ₃ ⁻ /(10 ⁻³ mol·L ⁻¹)	3.503	1.152		3.908	0.96		4.391	2.385		5.194	2.592	
Li ⁺ /(mg·L ⁻¹)	0.016	0.006 8		0.006 5	0.001 2		0.025 4	0.007 9		0.036 9	0.004 7	
Na ⁺ /(mg·L ⁻¹)	163.06	89.31	III	40.25	3.80	I	161.71	29.19	III	182.10	54.08	III
K ⁺ /(mg·L ⁻¹)	1.94	1.22		1.63	0.39		1.52	0.63		3.2	2.02	
Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	309.70	173.64	III	134.36	21.47	II	272.59	37.92	III	280.85	35.65	III
Mg ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	51.62	36.86	IV	31.69	6.13	III	45.20	9.91	III	62.27	9.52	IV
Sr ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	9.51	0.89		3.66	-		11.83	5.85		21.97	2.73	
SAR	2.26			0.81			2.39			2.56		

2.2 吸附法对海水入侵区地下水质量影响

为了对比分析吸附法对地下水氟及其它地球化学指标的影响,本次工作还采集了邻区氟未超标地下水(B村)和氟超标但未处理地下水(C村和D村)。

从对比来看,吸附法处理A村地下水较B村而言, F^- 含量均小于 1.0 mg/L ,处于安全阈值之内。但A村地下水 E_c 、TDS,总硬度, Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 含量明显高于B村,与氟超标但未处理的C、D两村地下水对比,A村除 F^- 含量明显低于C、D村外,其他地球化学性质与之相当,这表明吸附法仅使得地下水氟降低,但对其他地球化学指标影响较小。

参照GB/T 14848—93和GB/T14848—2007标准,4个村庄地下水 NO_3^- 和 NO_2^- 均属V级,这可能是与该区化肥使用有关。除此之外,B村地下水除总硬度属IV级外,其他地球化学指标均满足饮用水标准。但C、D村除pH、 Na^+ 、 Ca^{2+} 符合饮用水标准外,其他地球化学指标均超标,不适宜直接饮用。

参照DD2008—03标准,B村 Cl^- 、TDS、 Br^- 、SAR均低于标准值,表明该村地下水未受到海水入侵的影响,该村氟含量也较低。但C、D村地下水 Cl^- 、TDS、 Br^- 、SAR均表明该村地下水受到海水入侵的影响,该村地下水氟也明显富集。这暗含着该区地下水氟富集与海水入侵存在某种密切的关系。事实上,在莱州湾地区,地下水氟海水入侵与地下水氟富集常相伴而生,氟超标的地下水往往较苦咸。

2.3 对海水入侵区地下水氟及其它指标综合处理思考

海水入侵区饮水型氟中毒的案例时有发生,在辽宁的营口、盖县^[8]、江苏沿海^[14]、广东潮阳一带^[9]等海水入侵区均有地下水氟超标报道,使得这些地区地下水不仅氟超标。同时,地下水 Na^+ 、 HCO_3^- 、TDS、 Cl^- 等指标也超过阈值;因而,地下水水质处理较为困难。位于山东半岛的莱州湾沿岸地下水既受到海水入侵的影响,地下水氟超标也十分严重^[5-7,15]。

对于海水入侵区地下水氟来源及富集机制,目前尚未有明确的结论。但近年来报道表明,海水入侵引起的地下水性质的变化对地下水氟富集具有促进作用。如海水入侵引起地下水 Na^+ 和 Na^+/Ca^{2+} 显著增加^[11,16],这一过程将大大促进地下水氟溶解度,大量的实验和事实均证实地下水中 Na^+ 增加将促进地下水氟含量增加^[17-19]。海水入侵导致地下水富 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- ,研究表明易发生如下反应^[20-23]:

$$CaF_2 + 2HCO_3^- = CaCO_3 + 2F^- + H_2O + CO_2 \text{ 或}$$

$$CaF_2 + 2NaHCO_3 = CaCO_3 + 2Na + 2F^- + H_2O + CO_2$$

这一反应将促进水-岩(土)过程中大量的氟释放入水溶液中。海水入侵导致偏碱性地球化学场,使得 Ca^{2+} 含量减少,而水溶液中氟离子浓度往往随 Ca^{2+} 减小而增加;显然,这一过程将有利于水溶液氟富集。此外,大量研究均揭示海水入侵导致的高电导率、高TDS、高矿化度和高硬度条件往往促进地下水氟富集^[19,21,24-28]。上述事实均表明:从理论上讲,海水入侵改变地下水性质,理所当然地应当促进地下水氟富集。

近年来,研究也表明海水入侵对沿海地下水氟富集具有密切的关系^[5-7]。本文调查的四个村庄也表明高氟地下水受到海水入侵的影响。调查也表明海水入侵在分布范围、演化趋势等都与氟中毒具有一致性。在巴基斯坦Sindh省Nagar Parkar地区、山西运城盐湖地区的研究已证实,高 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 含量的盐湖湖水入侵促进地下水对周围地区岩石氟溶解,导致地下水氟富集^[19,29]。

事实上,大量的报道也表明水溶液高硬度、偏碱性、富钠低钙含量等与高氟地下水密切相关^[26,30-34]。显然,海水入侵将使地下水出现该地球化学场。

目前,鉴于水资源短缺,在海水入侵区,对高氟地下水仅经过简单的吸附处理后广泛用于工业及农业灌溉用水,但莱州湾地下水不仅氟超标,由海水入侵引起的 Na^+ 、 Cl^- 、硬度、TDS、pH等也值得关注,单一的氟去除满足不了需求,造成土壤板结、营养成分(氮、磷、有机质等)下降、耕地质量退化、生态格局进一步恶化、工业产品质量差,制约当地经济进一步发展。因此,在处理海水入侵区高氟地下水时,应考虑海水入侵与地下水氟富集的潜在特殊关系,发展综合的处理技术是解决这一地区地下水资源短缺的根本途径所在。

3 结论

海水入侵是沿海地区主要生态地质问题之一,近年来调查表明海水入侵区地下水氟超标现象屡见不鲜。另一方面,为缓解地下水资源短缺,在局部地区,这些地下水经过简单的吸附法处理后,广泛应用于饮用水、灌溉和工业用水。但这些区域地下水不仅氟污染, Na^+ 、 K^+ 、TDS,总硬度等指标也超标。因此,对这种简单吸附法处理的地下水进行评价十分重要。本文对比分析氟超标吸附处理村庄(A村)、氟未超标村庄(B村)、氟超标村庄(C、D村)地下水性质,得到如下结论:

(1) 经过吸附法处理的氟超标村庄地下水氟含量处于正常阈值, 但 Cl^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 和总硬度严重超标, 属于 V 类, 溶解性总固体 (TDS) 属于 IV 类。 Cl^- 、 Br^- 、矿化度 SAR 等地球化学指标表明该村地下水受到海水入侵的影响。

(2) 与氟未超标村庄相比, 吸附法处理的氟超标地下水具有较高的 E_c 、TDS 总硬度 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 。与氟超标村庄地下水相比, 除氟含量降低外, 其他地球化学性质与之相当甚至更高, 这表明单一吸附法仅使得地下水氟降低, 对其它离子影响较小, 处理后的地下水 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等仍存在饮用风险。

(3) 海水入侵与地下水氟富集存在密切关系, 海水入侵导致的地下水性质改变有利于促进水岩 (土) 作用氟释放。因此, 在处理海水入侵区高氟地下水时, 应考虑海水入侵与地下水氟富集的潜在特殊关系, 发展综合的处理技术是解决这一地区地下水资源短缺的根本途径所在。

参 考 文 献

- 1 王五一, 李永华. 氟与健康的环境流行病学研究. 土壤与环境, 2002; 11(4): 383—387
Wang W Y, Li Y H. Environmental epidemiology of fluorine and its effects on health. Soil and Environmental Sciences, 2002; 11(4): 383—387
- 2 郑宝山, 吴代赦, 王滨滨, 等. 导致燃煤型氟中毒流行的主要地球化学过程. 中国地方病学杂志, 2005; 24(4): 468—471
Zheng B S, Wu D S, Wang B B, et al. The main geochemical process of coal-burning endemic fluorosis. Chinese Journal of Endemiology, 2005; 24(4): 468—471
- 3 周 健, 杨惠芳. 氟的生殖、遗传毒性和对子代健康影响的研究进展. 现代预防医学, 2008; 35(14): 2640—2642
Zhou J, Yang H F. Research progression on the effects of reproduction toxicity and inherent toxicity of fluoride on offspring health. Modern Preventive Medicine, 2008; 35(14): 2640—2642
- 4 何 锦, 张福存, 韩双宝, 等. 中国北方高氟地下水分布特征和成因分析. 中国地质, 2010; 37(3): 621—626
He J, Zhang F C, Li X Y, et al. The distribution and genetic types of high-fluoride groundwater in northern China. Geology in China, 2010; 37(3): 621—626
- 5 陈 桥, 史文静, 芦清水, 等. 莱州湾地下水氟富集与海水入侵潜在关系研究. 海洋科学进展, 2012; 30(2): 219—228
Chen Q, Shi W J, Lu Q S, et al. Potential effect of sea water intrusion on fluorine-releasing in groundwater in the region surrounding the Laizhou Bay. Advances in Marine Science, 2012; 30(2): 219—228
- 6 Chen Q, Liu D Y, Lu Q S, et al. Impacts of seawater intrusion on the fluorine content in groundwater: a case study in Shandong Province. The 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE (2011)) in China, 2011: 3880—3884
- 7 Chen Q, Song Z J, Lu Q S, et al. Fluorine contents and its characteristics of groundwater in fluorosis area in Laizhou Bay, China. Toxicological & Environmental Chemistry, 2012; 94(8): 1490—1501
- 8 寇英杰, 王 颖. 辽宁省海水入侵成因及防治措施. 辽宁地质, 2000; 17(1): 67—71
Kou Y J, Wang Y. Genesis and controlling measures of marine invasion in Liaoning province. Liaoning Geology, 2000; 17(1): 67—71
- 9 陈德伟, 郑允雄. 潮阳沿海地区地方性氟中毒及其氟源的调查. 实用预防医学, 1995; 2(4): 208—209
Chen D W, Zheng Y X. The investigation of fluorosis and fluorine sources in the coastal areas of Chaoyang City. Practical Preventive Medicine, 1995; 2(4): 208—209
- 10 孟广兰, 韩有松, 王少青. 莱州湾南岸海水入侵类型及其分区. 黄渤海海洋, 1997; 15(2): 25—32
Meng G L, Han Y S, Wang S Q. Types and district divisions of seawater intrusion concerning Southern Coast of Laizhou Bay. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1997; 15(2): 25—32
- 11 张祖陆, 彭利民. 莱州湾东、南沿岸海(咸)水入侵的地下水水化学特征. 中国环境科学, 1998; 18(2): 121—125
Zhang Z L, Peng L M. The underground water hydrochemical characteristics on sea water intruded in eastern and southern coasts of Laizhou Bay. China Environmental Science, 1998; 18(2): 121—125
- 12 韩 美. 山东省莱州湾地区海水入侵对社会与经济的影响. 自然灾害学报, 1997; 6(1): 82—87
Han M. The effects of seawater intrusion to economy and society Laizhou Bay region. Journal of Natural Disasters, 1997; 6(1): 82—87
- 13 云中杰, 陈培忠, 边建朝, 等. 山东省地方性氟中毒病区村水氟检测结果分析. 中国地方病学杂志, 2005; 24(5): 551—553
Yun Z J, Chen P Z, Bian J Z, et al. Analysis of water fluoride content in endemic fluorosis region in Shandong Province. Chinese Journal of Endemiology, 2005; 24(5): 551—553
- 14 甄世祺, 王彩生, 陈晓东, 等. 江苏省沿海地区地方性氟中毒和砷中毒重点调查结果分析. 中国地方病学杂志, 2004; 23(1): 85
Zhen S Q, Wang C S, Chen X D, et al. The analysis of endemic fluorosis and arseniasis investigation in coastal areas of Jiangsu province. Chinese Journal of Endemiology, 2004; 23(1): 85
- 15 李彩霞, 于兆安, 吴衍华. 山东高密地区高 F 区水文地球化学特征. 地质通报, 2008; 27(5): 689—699
Li C X, Yu Z A, Wu Y H. Hydro geochemical characteristics of high-fluorine groundwater in the Gaomi area. Geological Bulletin of China, 2008; 27(5): 689—699
- 16 薛禹群, 吴吉春, 谢春红, 等. 莱州湾沿岸海水入侵与咸水入侵研究. 科学通报, 1997; 42(2): 2360—2368
Xue Y Q, Wu J C, Xie C H, et al. The study of seawater intrusion and salt water intrusion along Laizhou Bay. Chinese Science Bulletin, 1997; 42(2): 2360—2368
- 17 Krainov S R, Petrova N G. Fluorine-bearing groundwater, their geochemical characteristics, and the effect on biological processes. Geokhimiya, 1976; 10: 1533—1541
- 18 Krainov S R, Zakutin V P. Geochemical and environmental state of groundwater in Russia (the causes and tendencies in the changes of groundwater chemistry). Geokhimiya, 1994; 3: 312—329
- 19 Gao X B, Wang Y X, Li Y L, et al. Enrichment of fluoride in

- groundwater under the impact of saline water intrusion at the salt lake area of Yuncheng basin , northern China. *Environ Geol* ,2007; 53: 795—803
- 20 Ramamohana Rao N V , Suryaprakasa Rao K , Schuiling R D. Fluorine distribution in waters of Nalgonda District , Andhra Pradesh , India. *Environ Geol* ,1993; 21: 84—89
- 21 Saxena V K , Ahmed S. Dissolution of fluoride in groundwater: a water-reaction study. *Environ Geol* ,2001; 40: 1084—1087
- 22 Saxena V K , Ahmed S. Inferring the chemical parameters for the dissolution of fluoride in groundwater. *Environ Geol* ,2003; 43: 731—736
- 23 Rao N S , Devadas D J. Fluoride incidence in groundwater in an area of Peninsular India. *Environmental Geology* ,2003; 45: 243—251
- 24 蒋 辉. 豫东黄河冲积平原高氟地下水与饮水安全. *勘察科学技术* ,2008; 2: 49—53
Jiang H. High-fluorine groundwater in eastern Henan Yellow River alluvial plain and drinking water safety. *Site Investigation Science and Technology* ,2008; 2: 49—53
- 25 Ahmed S , Sreedevi P D , Sujatha D , *et al.* Time-variant behavior of fluoride contents in granitic aquifers. Presented during the International Groundwater Conference , Dindigul , Tamilnadu , Indiaq 2002
- 26 Chae G T , Yun S T , Kim K , *et al.* Hydro geochemistry of sodium-bicarbonate type bedrock groundwater in the Pochon Spa Area , South Korea: water-rock interaction and hydrologic mixing. *J Hydrol* ,2006; 321: 326—343
- 27 Valenzuela-vasquez L , Ramirez-Hernandez J , Reyes-lopez J , *et al.* The origin of fluoride in groundwater supply to Hermosillo City , Sonora , Mexico. *Environ Geol* 2006; 51: 17—27
- 28 Zhang B , Hong M , Zhang B , *et al.* Fluorine distribution in aquatic environment and its health effect in the western region of the Songnen Plain , northeast China. *Environ Monit Assess* 2007; 133: 379—386
- 29 Tahir R , Shahid N , Tanzil H U , *et al.* Geochemical factors controlling the occurrence of high fluoride groundwater in the Nagar Parkar area , Sindh , Pakistan. *J Hazard Mater* ,2009; 171: 424—430
- 30 Pekdeger A , Ozgur N , Schneider H J. Hydro geochemistry of fluoride in shallow aqueous systems of the Golcuk area , southwest turkey. In: Kharaka YK , Maest AS (eds) *Water rock interaction volume I : Proceedings of the seventh international symposium on water rock interactions*. Balkema , Rotterdam ,1992
- 31 Whittemore D O , Macfarlane P A , Doveton J H , *et al.* The Dakota aquifer program annual report , FY92. Kansas Geological Survey open-file report 93—1 ,1993
- 32 Kohut A P , Foweraker J , Hodge W. Ground water resources of the basins , lowlands and plains: gulf islands , ground water resources of British Columbia. British Columbia Ministry of Environment 2001
- 33 Earle S , Krogh E. Geochemistry of Gabriola 's groundwater. *Shale J Gabriola His Mus Soc* ,2004; 7: 35—42
- 34 Dhiman S D , Keshari A K. Hydrogeochemical evaluation of high-fluoride groundwaters: a case study from Mehsana district , Gujarat , India. *Hydrol Sci J* ,2006; 51(6) : 1149—1162

The Influence of Carbon Absorption Methods on Groundwater Fluorine and Other Characteristics in Seawater Intrusion Areas

CHEN Qiao¹ , SONG Zhao-jun¹ , LU Qing-shui² , LI Fu-lai³ , SUN Lin¹ , ZHANG Chun-rong¹

(Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals , College of Earth Sciences & Engineering , Shandong University of Science and Technology¹ , Qingdao 266590 , P. R. China;
Yantai Institute of Coastal Zone , Chinese Academy of Sciences² , Yantai 264003 , P. R. China;
School of Geosciences , China University of Petroleum³ , Qingdao 266580 , P. R. China)

[Abstract] Fluorosis is nothing new in coastal seawater intrusion areas. Comparative analysis of groundwater characteristics between high-fluorine groundwater treated by adsorption methods , normal water , and high-fluorine groundwater , were carried out. It is found that Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , TDS and total hardness are overproof although fluoride is within limits due to adsorption treatment. Groundwater properties of Ec , TDS , total hardness , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Sr^{2+} after treatment are almost equal to those in fluorosis village. Such results indicate adsorption methods have no any influence on other ions contents but to decrease fluoride contents , and the water is still at risk for drinking. Meanwhile , the groundwater in fluorosis villages is characterized by seawater intrusion. Therefore , the relationship between high fluoride and seawater intrusion should be considered when the special comprehensive treatment technologies were developed in coastal areas.

[Key words] seawater intrusion fluoride groundwater treatment technology