

淮河流域地氟病环境水文地质因素 及防病方向的研究

龚建师 叶念军 葛伟亚 李君浒

(中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016)

摘要:地方性氟中毒病在淮河流域分布较广,部分地区发病率较高,对居民身心健康和区域经济社会发展造成危害。本文以前人工作成果为依据,基于中国地质调查局地质大调查项目多年的数据积累,从整个淮河流域阐述了区内地氟病的分布状况、氟化物在平原区松散层不同层位(埋深小于 20 m, 20~50 m, 大于 50 m)地下水中的赋存特征和分布规律。并就本地区水文地质条件及氟化物成因概括了 4 种氟富集因素,探索性提出了区域地氟病区两种环境地质成病因素。针对不同地区的环境水文地质条件从供水角度提出了防病改水方向。

关键词:淮河流域;地下水;地氟病;防病改水

中图分类号: X143; R599 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)03-0633-07

1 淮河流域自然概况

1.1 地理概况

淮河流域包括淮河水系与沂沭泗河水系,总面积约 26.9 万 km²。其中,淮河水系面积约 18.9 万 km²,沂沭泗河水系面积约 8 万 km²,流域主要覆盖河南、安徽、江苏、山东 4 省。

该流域总的地形为由西北向东南倾斜,淮南山区、沂沭泗山丘区分别向北和向南倾斜。其内有山区、丘陵、广阔的平原及湖泊洼地,其面积分别占流域面积的百分比为:山区 13%,丘陵 19%,平原 52%,湖泊洼地 16%。

1.2 土壤类型

淮河流域山区、丘陵区主要分布为棕壤、褐土(成土母质为各类岩石风化物、洪积冲积物及人工堆垫物)和水稻土。淮河中上游平原地区主要为黄潮土(系由河流沉积物和近代黄泛沉积物发育而成)、砂疆黑土和棕潮土等^[1],并在其间零星分布着小面积的盐化潮土和盐碱土;淮河下游平原水网区为水稻

土,系由第四纪湖相沉积层组成;苏鲁两省滨海平原新垦地多为滨海盐土,含盐量较高。

1.3 地下水类型及特征

淮河流域地下水主要分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和基岩裂隙水 3 种类型。其中分布最广的为松散岩类孔隙水,其次为岩溶水和基岩裂隙水,但有供水意义的主要为孔隙水和岩溶水。

平原区松散岩类孔隙水在区内分布最为广泛,按其埋藏深度可分为浅层地下水和深层地下水。

在流域内平原区地表下 30~55 m,区域上广泛分布有 1 层 14~20 厚的粘性土层,因此,传统上大致以地表下 50 m 为界限,将埋深小于和大于 50 m 的松散岩类孔隙含水层组分别划分为浅层含水岩组和深层含水岩组。

淮河流域上游地区地下水基本是由西北流向东南,南部西部则由西向东流。北部岗状平原区浅层孔隙地下水水位埋深一般大于 6 m;北部低缓平原区大部分为 2~4 m;南部地下水位埋深大部分小于 2 m。浅层孔隙地下水水位主要受降水和蒸发及地表

收稿日期:2010-03-10;改回日期:2010-03-18

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目“淮河流域平原地区地下水污染调查评价”(1212010634500)资助。

作者简介:龚建师,男,1981 年生,助理研究员,从事水文地质环境地质调查工作;E-mail:janse101@163.com。

水影响,水位变幅一般为 1.5~2.5 m。

2 淮河流域内地氟病的分布状况

2.1 氟摄入过多的危害

氟化物是人体必需的元素,各种组织均需要氟化物。人体每日摄入量 1~1.5 mg,为正常范围,最多不能超过 4 mg。过量摄入则可产生氟中毒。

据有关资料:地方性氟中毒主要侵犯骨骼系统,表现为氟斑牙和氟骨症。病情轻者牙釉质出现白垩、着色、缺损样改变,即所谓氟斑牙,重者可侵害骨骼,表现为全身关节疼痛、活动受限、骨骼变形,甚至发生瘫痪,即所谓氟骨症。

据《环境化学毒物防治手册》^[1]:氟慢性中毒后可出现慢性鼻炎、咽炎、喉炎、气管炎、牙龈炎、消化道症状(食欲不振、恶心、呕吐和上腹痛)以及神经衰弱症和氟骨症。

2.2 地氟病分布状况

淮河流域内各省均发现有地方性氟中毒病分布(图 1),其中流域中部地区发病率较高,病区人口约 4964.2 万。查出 8~15 岁人群氟斑牙患者 157.44 万,成人氟骨症患者 15 万余人。绝大部分均为饮水型病区,饮用水氟含量高,是地氟病致病的主要原因。在采用深层地下水作饮用水源的开封地区,每升水氟含量一般也在 3 mg 左右。

2.3 地氟病致病因素分析

2.3.1 地氟病与饮用水中氟含量的关系^{[2][3]}

淮河流域广大农村的生活用水大部分均采自浅层地下水,少部分采自深层地下水。饮用水中氟含量高是区内地氟病的主要致病原因,病情和患病率与饮用水氟含量密切相关。在这些地区,地氟病病因类型主要为饮水高氟型。

调查和统计数据表明,在发病率较高和病情较重的地区,地下水水中氟化物的含量均较高;相反,则发病率较低,病情也较轻。由图 2 可见,当饮用水氟化物含量小于 1 mg/L 时,地氟病的患病率均小于 30%;0.7~1.0 mg/L 时有个别患病率点大于 30%;随着饮用水中氟化物含量的增高,地氟病的患病率也随之呈之下上升状态。

2.3.2 地氟病与农作物氟含量的关系

地氟病的另一主要影响因素是病区粮食和蔬菜等农作物中氟化物的含量较高。

在淮河流域地氟病发病率不同的地区内,除淮北等一些煤矿区蔬菜中的氟含量明显偏高外,其余地区农作物中的氟化物含量差别不大,但不同粮食种类氟含量则有所不同(表 1)。因此,对于不同饮食结构,则会影响氟的摄入总量,从而影响地氟病病情。如在调查中发现,病区生活水平较好的居民氟斑牙患病较轻,这可能与其主要食用氟含量较低的小麦面粉有关;而对于主要食用粗粮,尤其是山芋的居民,则可能因摄入较多量的食物氟而加重了地氟病的病情。

2.3.3 地氟病与矿区氟污染的关系

淮河流域煤矿储量丰富,是国内的主要能源基地之一。但同时,煤矿矿区也是氟污染的主要分布区。这些地区的大米、玉米、山芋及蔬菜等农作物中的氟含量也较高,导致当地居民氟摄入总量增加,使得地氟病的发病率也随之增高。尤其在开采规模大,时间长的矿区附近,地氟病患病率明显偏高,病因类型主要为饮水-食物高氟型。

3 平原地区孔隙地下水中氟化物的分布状况及其来源

3.1 地下水中氟化物的分布状况^④

3.1.1 地下水位埋深<20 m 的浅层地下水中氟化物的分布

依氟化物含量全区可分为 3 个区,分述如下:

表 1 不同病区粮食中氟含量统计^⑤

Table 1 Fluorine content of foodstuffs (crops) in different endemic fluorosis areas

病区	小麦	大豆	芋片	大米
重病区	3.1			
中度病区	2.4	2.3	2.3	
轻病区	2.8			
非病区	3.7	1.6	4.2	1.6

注:小麦面粉氟含量均小于 0.65mg/kg;。样品重量均为千克;有些病区样品数量较少,仅供参考。

①安徽省地质环境监测总站,安徽省两淮地区地氟病地质环境调查及防治方向研究报告,1992。

②宿州地区卫生防疫站、环保监测站,奎濉河及其沿岸地下水水质调查与评价,1983。

③中国地质调查局南京地质调查中心,淮河流域环境地质调查报告,2008。

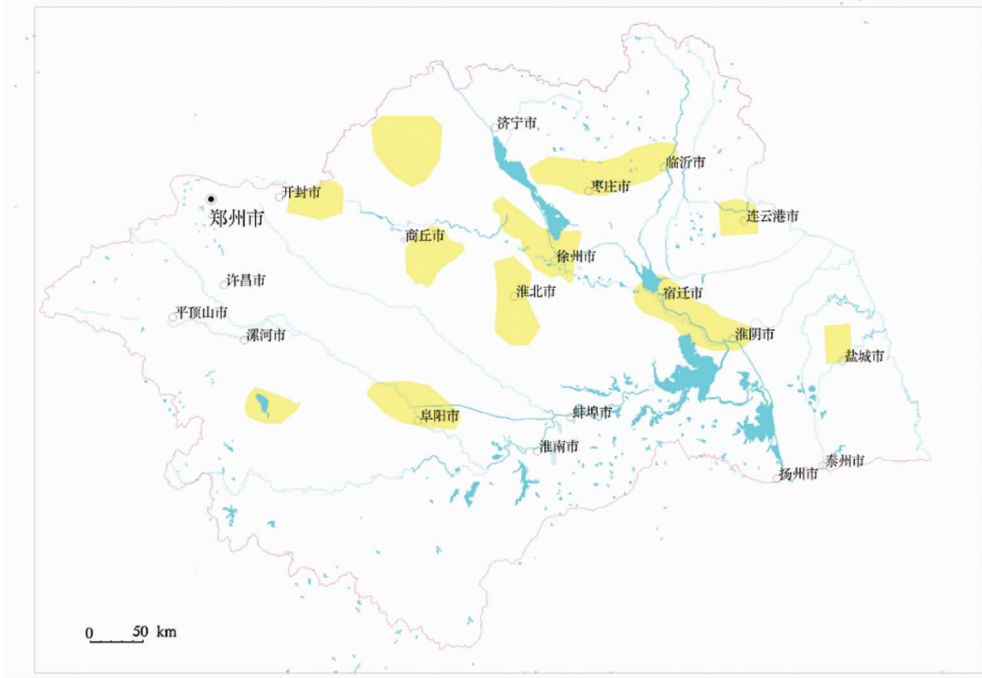


图 1 淮河流域地氟病区分布示意图

Fig.1 The distribution of endemic fluorosis in Huaihe River basin

氟化物含量 ≤ 1.0 mg/L 区: 分布于流域内平原区西北部、北部、淮北中北部地区以及江苏东部等地, 面积 145 827.32 km², 占平原区面积约 76.77 %。

氟化物含量为 1.0~2.0 mg/L 区: 分布于河南东部, 山东南部, 安徽西北部, 江苏北部及沿海地区, 面积 38 840.86 km², 占评价区 20.45 %。本区含量超标, 一般超标 0.07~0.70 倍。

氟化物含量 > 2.0 mg/L 区: 主要分布于豫东、鲁南、皖北北部以及苏北等地, 面积 5820.29 km², 占平原区面积约 2.78 %。区内地下水中氟化物含量超标倍数较多, 一般超标 1.06~2.00 倍。河南段最大值出现鄆陵县张桥县乡中, 含量 4.56 mg/L, 超标 3.56 倍。

3.1.2 地下水位埋深 $< 20 \sim 50$ m 的浅层地下水中氟化物的分布

依氟化物含量全区可分为 3 个区, 分述如下:

氟化物含量 ≤ 1.0 mg/L 区: 主要分布于豫中、豫东、鲁南、皖北西北和北部以及苏北等地, 面积 132 523.38 km², 占平原区面积 73.35 %。

氟化物含量为 1.0~2.0 mg/L 区: 主要分布于河南开封—太康—沈丘县、山东梁山—荷泽县, 皖北中北部以及苏北等地, 面积 43393.15 km², 占平原区面积约 24.02 %。本区含量超标, 一般超标 0.04~0.70 倍。

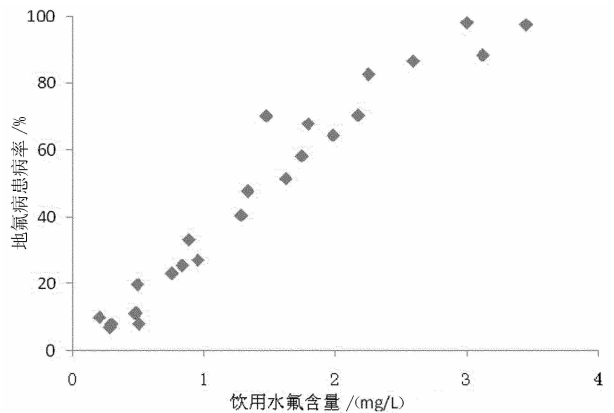


图 2 饮用水中氟含量与地氟病发病率的关系

Fig.2 Relationship between fluorine content in drinking water and incidence of fluorosis disease

氟化物含量 > 2.0 mg/L 区: 主要分布于豫东、鲁南、皖北北部以及苏北北部等地, 面积 4760.23 km², 占平原区面积约 2.63 %。区内地下水中氟化物含量超标倍数较多, 一般超标 1.05~1.70 倍。河南境内最大值出现在项城市郑郭乡张堂村东, 含量 5.62 mg/L, 超标 4.62 倍。

3.1.3 地下水位埋深 > 50 m 的深层地下水中氟化物的分布

依氟化物含量全区可分为 3 个区, 分述如下:

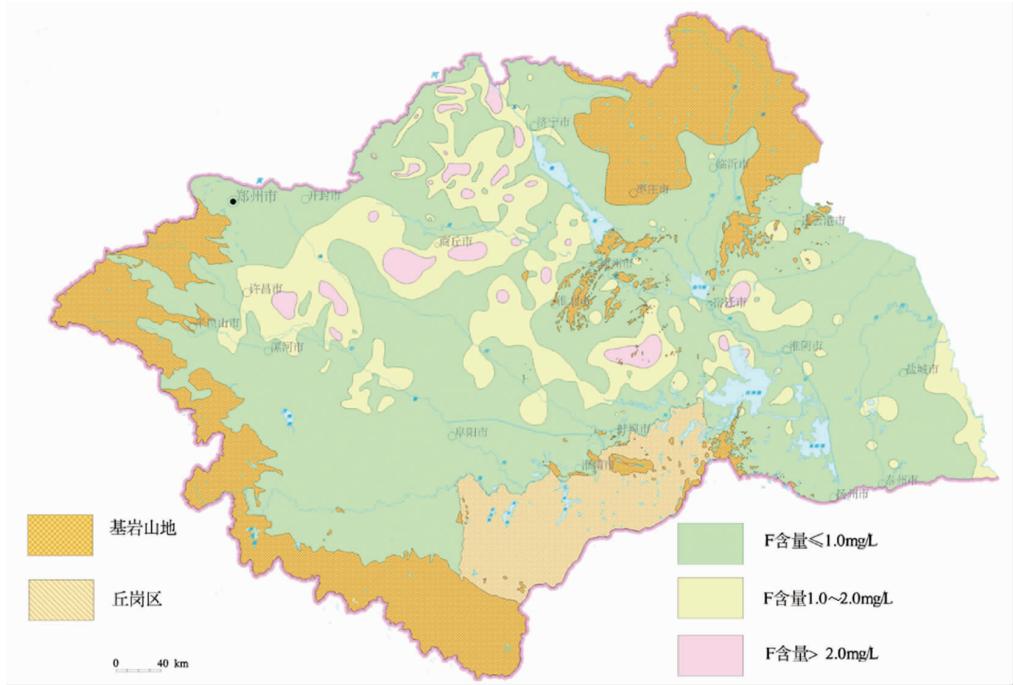


图 3 埋深小于 20 m 地下水中氟化物含量分布图
Fig.3 Fluoride content of groundwater (depths <20 m) in Huaihe River basin

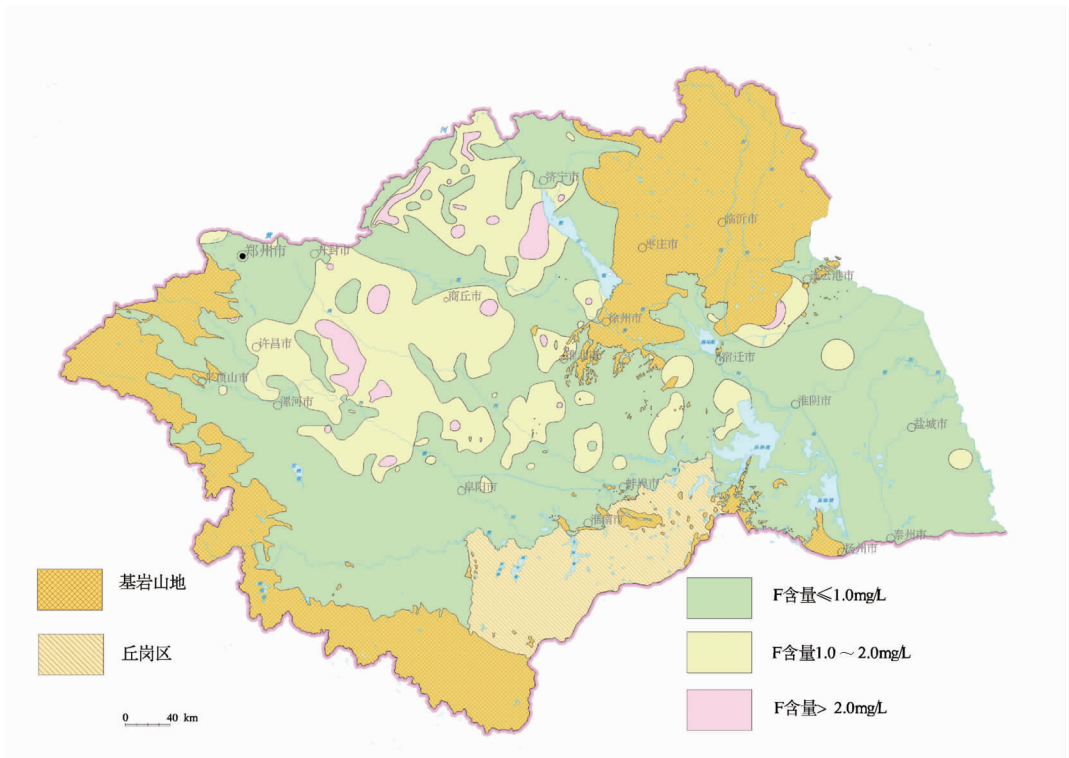


图 4 埋深 20~50m 地下水中氟化物含量分布图
Fig.4 Fluoride content of groundwater (depths 20~50 m) in Huaihe River Basin

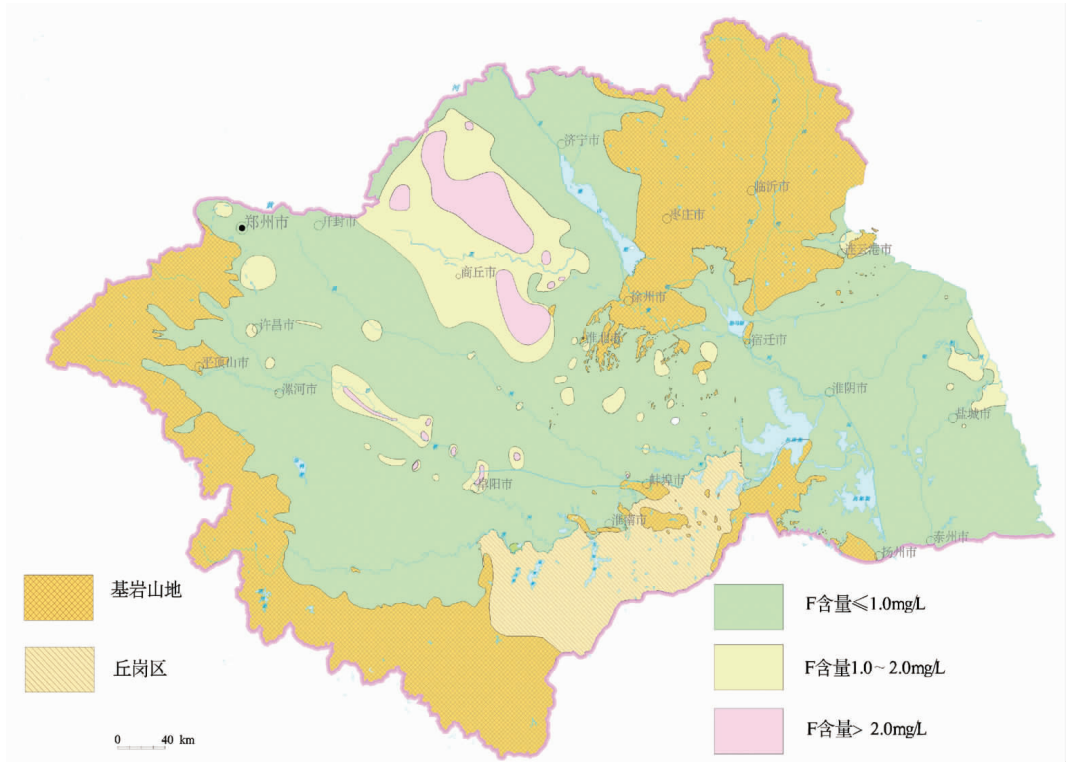


图 5 埋深大于 50 m 地下水中氟化物含量分布图

Fig.5 Fluoride content of groundwater (depths >50 m) in Huaihe River basin

氟化物含量 ≤ 1.0 mg/L 区:主要分布于河南郑州—通许—鹿邑与郑州—漯河—固始县,山东东明、鄆城—济宁—微山,皖西北以及江苏丰县—沛县、邳州—宿迁—淮阴等地,面积 148 442.61 km²,占平原区面积约 85.37 %。

氟化物含量为 1.0~2.0 mg/L 区:主要分布于豫北、豫东,山东鄆城—曹县,皖北西部、北部以及苏北北部和东部等地,面积 19 485.55 km²,占平原区面积约 11.21 %。本区含量超标,一般超标 0.02~0.90 倍。

氟化物含量 >2.0 mg/L 区:主要分布于豫中、豫南,山东中东部,安徽北部砀山、西部界首、临泉、阜阳等地,面积 5 951.48 km²,占平原区面积约 3.42 %。本区含量超标倍数较多,一般超标 1.10~1.50 倍。河南段最大值出现在周口市,含量 3.18 mg/L,超标 2.18 倍。

3.2 地下水中氟化物的主要形成原因

氟化物超标范围分布较为广泛,埋深小于 20 m、20~50 m 和大于 50 m 的地下水中均有分布。埋深小于 20 m 的地下水中含量为 1.01~5.45 mg/L;埋

深 20~50 m 的地下水中氟化物含量为 1.01~5.62 mg/L;埋深大于 50m 的地下水中氟化物含量为 1.02~3.18 mg/L。

地下水中的氟化物主要来源是岩石、土层中氟化物。流域内岩石、土层中氟化物含量较地下水中含量高许多甚至几个数量级,因此,在岩石风化过程中,部分氟化物被地下水所溶解,导致氟化物含量增高。如河南省伏牛山一带,因广泛分布含氟化物的花岗岩和萤石矿脉,构成典型的富氟地球化学环境区,该区有高氟化物地下水分布。许昌及平顶山一带山前地区氟含量一般为 1.0~2.0 mg/L^①。

对于松散沉积物而言,其氟化物含量与颗粒粗细关系密切,颗粒越细则总氟化物和水溶性氟化物越高,而且水溶性氟化物与总氟化物的比值也越大,因此,细颗粒的沉积物(粘粒和粉粒)为地下水中氟化物来源提供了丰富的物质基础。宿州、宿迁、苏北沿海一带浅层土壤以粉土、粘土为主,该区浅层地下水大部分氟化物含量为 1.0~2.0 mg/L,个别地区含量大于 2.0 mg/L^①。

①中国地质调查局南京地质调查中心.淮河流域环境地质调查报告,2008.

浅层地下水中碱性越强,氟离子的迁移能力越强,氟化物越不易沉淀,在还原环境中有利于氟离子的富集。如山东省微山湖西部地区的冲湖积平原地区粘性土的浅层地下水中一般偏碱性,且多处于还原环境中,地下水径流条件差,所以氟化物含量较高。菏泽地区很多浅层地下水中氟含量超过 2.0 mg/L。

其成因类型有溶滤型、碱化型和热水富集型^[4]。溶滤型主要指在降水或地下水运移过程中经淋滤和溶解岩石或地层中氟化物造成地下水中含量升高。碱化型是指溶滤作用已不甚充分;而阳离子交替吸附作用在含水层中广泛进行,这对改变地下水的化学组分和提高氟化物的活度具有重要意义;同时,浓缩作用对于氟化物的富集也有明显的影响。但该类型要具备合适的气候、地貌、地质、水文地质、水化学环境、土壤条件。碱化型高氟化物地下水是在多种因素综合作用下形成,一是要有提供氟化物的岩层和有利于积累的低洼地形;二是要有使氟化物浓缩富集的水位浅埋和干燥的气候条件;三是有促进氟化物的活化和向水中转移的碱性环境。这几个因素的协同作用,便构成了高氟化物地下水形成的水文地球化学过程。热水富集型是指高氟化物温泉。上述作用在淮河流域并不普遍,只在黄泛区部分浅井和深层温泉井中有此类成因因素存在。

4 地氟病防治方向

4.1 地氟病病区改水是防治地氟病的主要措施

由于流域内地氟病病因类型主要为饮水高氟型,因此,做好病区的改水工作是防治地氟病的关键。在淮北等地重、中度病区,通过打井取用深层地下水源或改换低氟地氟水源的防病改水试验,效果较好。另外还进行了化学除氟试验,也取得较为理想的效果。

地氟病病区改水主要通过以下途径:

(1)改变取水层位,寻找低氟地下水源。通过对地下水氟分布及其地质环境的研究,发现在大部分病区存在不同层位的优质低氟水源,以水氟含量 1.0 mg/L 为界限,应通过改良成井和取水工艺,尽量抽取低氟水做供水水源。

(2)促进水循环、降低水氟含量。地下水径流滞缓是浅层地下水氟富集的主要原因。因此可通过人

为因素改变地下水循环条件,促进氟的迁移排泄,以达到降低水氟含量的目的。

(3)采用大口径浅井集中供水。经调查在同一地区,含水层岩性相同,取水深度相近时,大口径井的水氟含量低于小口径井。这是由于大口径多是居民公用水井,用水量大,使地下水降低,有利降水入渗,减少蒸发,使水土氟向淋溶迁移失散方向转变,从而可减小水氟含量。

4.2 防治地下水污染、改善饮水环境^[5]

对于煤矿氟污染区,由于次生环境的形成,饮水水源可能会受到矿坑水或洗矿水等高氟水的混合污染,形成局部高氟水区,因此在高氟水区农民及工矿居民应改饮用低氟水。但当地自产的大米、玉米、山芋及蔬菜等氟含量均较高,因此根本性措施是综合治理因采矿引起的氟污染。对高氟矿坑水、洗煤水应限制排放,对电厂燃煤废气、粉尘、煤灰应净化处理,以逐步减少农作物中的氟含量。

参考文献 (References):

- [1] 河南地质环境监测总站.河南省地下水资源与环境 [M]. 北京:中国大地出版社, 2005.
Geo-Environmental Monitoring Central Station of Henan Province. Groundwater Resource and Environment of Henan Province[M]. Beijing: China Land Press, 2005(in Chinese).
- [2] 江泉观, 纪云晶, 常元勋. 环境化学毒物防治手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
Jiang Quanguan, Ji Yunjing, Chang Yuanxun. Prevention and Cure Enchiridion from Enviro-Chemical Poison [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004(in Chinese).
- [3] 杨则东. 安徽省阜阳地下水开采用现状及其引发的地质环境问题[J]. 安徽地质, 2007, 17(2): 134-139.
Yang Zedong. Groundwater supply status quo and evocable environmental problems in Fuyang City Anhui Province. [J]. Geology of Anhui, 2007, 17(2): 134-139(in Chinese with English abstract).
- [4] Dalal N, Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection[J]. Proc. CVPR 2005, San Diego, CA, 2005.
- [5] 付素蓉, 王焰新, 蔡鹤生, 等. 城市地下水污染敏感性分析 [J]. 地球科学, 2000, (5): 482-486
Fu Surong, Wang Yanxin, Cai Hesheng, et al. Sensitivity analysis of groundwater contamination in city[J]. Geosciences, 2000, (5): 482-486 (in Chinese with English abstract).

The relationship between fluorine in geological environment and endemic fluorosis in Huaihe River basin

GONG Jian-shi, YE Nian-jun, GE Wei-ya, LI Jun-hu

(Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

Abstract: Fluorosis occurs rather widely in Huaihe River basin, and in some local areas, the incidence of fluorosis disease is serious, which is gravely harmful to people's health and the development of local economy. In the past decades, some scientists and research institutes have done some work for the fluorosis, and for many years China Geological Survey has implemented some projects on environmental geological research including the study of fluorosis in Huaihe River basin. Based on the previous work, this paper expounds the distribution of endemic fluorosis in Huaihe River basin and the fluoride content in groundwater of different depths, and points out four factors responsible for fluoride concentration and two factors causing fluorosis disease. Some water supply measures for prevention and cure of fluorosis disease are also discussed in this paper.

Key words: Huaihe River basin; groundwater; endemic fluorosis; prevention and cure

About the first author: GONG Jian-shi, male, born in 1981, assistant researcher, engages in hydrogeological and environmental geological survey; E-mail: janse101@163.com.