典型工业区河道水与底泥氟污染分布及评价

周明建[1]，崔灵周[1]，曹永中[2]，肖继波[1]，顾泮雪[1]，洪玉芳[1]
(1.温州大学 生命与环境科学学院，浙江 温州 325035；2.长兴县环保局，浙江 湖州 313100)

摘　要：[目的] 评价分析浙江省温州市龙湾工业区永强塘河及中横河干支流河道水与底泥氟污染程度和空间分布特征，确定水氟污染严重河道和污染源，为河道水氟污染治理修复提供科学依据。[方法] 在野外实地采样基础上，利用离子选择电极法、单因子污染指数法和相关统计法对河道水和底泥氟含量进行测定，评价氟污染程度并探讨氟污染来源。[结果] 永强塘河与中横河主干及支流河道采样断面水氟含量超标率分别达到 96%和 83.3%，永强塘河中游主干及东、西两侧支流河道采样断面水氟污染达到中度和重度污染等级比例分别为 60%，85.7%和 80%，中横河经开区河段主干和东侧支流河道水氟污染达到重度等级的采样断面比例依次为 80%和 75%，河道底泥氟污染全部在轻度及以下等级；71.4%的河道采样断面水氟含量与沿岸不锈钢类企业数量相关系数超过 0.9。[结论] 以含氟工业废水治理为重点，大力开展永强塘河中游支流河道、中横河经济开区主干及东侧支流河道水氟污染综合整治，可有效改善研究区河道水环境质量。

关键词：工业区；氟污染；河道水；底泥
文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2017)06-0049-07　　**中图分类号**：X52

文献参数：周明建，崔灵周，曹永中，等.典型工业区河道水与底泥氟污染分布及评价[J].水土保持通报，2017,37(6):49-55. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.008；Zhou Mingjian, Cui Lingzhou, Cao Yongzhong, et al. Evaluation and distribution of river water and sediment fluoride pollution in typical industrial area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017,37(6):49-55. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.008

Evaluation and Distribution of River Water and Sediment Fluoride Pollution in Typical Industrial Area

ZHOU Mingjian[1], CUI Lingzhou[1], CAO Yongzhong[2], XIAO Jibo[1], GU Panxue[1], HONG Yufang[1]
(1. *College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang* 325035, *China*;
2. *Environmental Protection Bureau of Changxing County, Huzhou, Zhejiang* 313100, *China*)

Abstract: [Objective] To evaluate and analyze the fluorine pollution degree and its spatial distribution characteristics of river water and sediment in the main and tributary channels of Yongqiangtang River and Zhongheng River that lie in Longwan industrial area in Wenzhou City, Zhejiang Province and to locate the serious water fluoride pollution river channel and pollution source, in order to provide scientific basis for the treatment of river water fluoride pollution. [Methods] On the basis of field sampling, ion selective electrode method, single factor pollution index method and correlation statistics method were used to measure the fluorine content, to evaluate the fluoride pollution degree, and to discuss the fluoride pollution sources. [Results] The exceeding standard rates of water fluorine content of sampling section on the main and tributary channels of Yongqiangtang River and Zhongheng River were 96% and 83.3%. The proportion of sampling sections on the main, east and west tributary channels of middle reaches of Yongqiangtang River, was 60%, 85.7% and 80%, where the water fluoride pollution grades were evaluated as moderate and severe. The sampled section ratios that were determined as severe on the main and east tributary channel of Zhongheng River in industrial area were 80% and 75%. The sediment fluoride pollution grades of Yongqiangtang River and Zhongheng

收稿日期:2017-03-31　　**修回日期**:2017-05-08
资助项目:温州市水体污染控制与治理科技创新项目(S20140023)；国家重点基础研究发展规划(973)前期研究项目(2012CB426510)
第一作者:周明建(1994—)，男(汉族)，江苏省泰州市人，学士，研究方向为水污染控制与修复技术。E-mail:392468334@qq.com。
通讯作者:崔灵周(1971—)，男(汉族)，陕西省蓝田县人，博士，副教授，主要从事水土环境模型及水污染生态修复研究。E-mail:clingzhou@126.com。

River were mild and less than mild. Water fluorine content and the number of stainless steel enterprises were closely correlated and about 71.4% of the sampled section ratios had their correlations over 0.9. [Conclusion] The treatment of fluoride-polluted industrial wastewater should be focused, the river water fluoride pollution remediation on the tributary channels of middle reaches of Yongqiangtang River, the main and east tributary channels of Zhongheng River in the industrial area should be carried out. On that precondition, the water environmental quality might be improved effectively.

Keywords: industrial area; fluoride pollution; river water; sediment

氟是一种分布广泛的极活泼非金属元素,它既是人与动植物必需的微量元素,又是毒性元素之一[1]。过量摄入氟元素,可对人体骨骼、脑功能及动植物正常生长产生极大损害,导致氟骨病、作物产量下降、动物体态衰弱等症状[2]。水环境中的氟可来源于含氟较高的土壤和岩矿、地热和工业生产排放的含氟"三废"等[3]。随着铝电解、水泥、砖瓦、陶瓷、磷肥、玻璃、电镀、金属加工和酸洗业等工业行业快速发展,由于以萤石、磷矿石和氟化氢等含氟物质作为主要或辅助原料,其生产过程中产生的含氟废水不达标排放所导致的水体氟污染日益受到广泛关注[4]。对于水体氟污染研究,近年来许多学者分别就水源地[4-6]、典型河流或区域[1,7-9]的高氟水成因、分布、季节变化特征,萤石矿区等[3,10-14]特定氟污染源对周边水体环境影响,地方性氟中毒地区水氟含量与土壤氟含量关系[15]等进行大量研究工作,取得了一定成果。但对氟污染评价方法与标准、工业活动引起的区域性河道水体氟污染空间差异与治理修复研究涉及较少。为此,本研究以温州市龙湾区工业区的两条主要河流永强塘河与中横河为研究对象,通过在主干和一级支流河道设置采样断面并采集水和底泥样品,测定样品中的氟化物含量,分析其空间分布特征;采用污染指数评价法,对研究河道水和底泥氟污染进行定量评估,确定水体氟污染严重河段;利用相关统计法初步分析氟污染来源,为研究工业区河道水体氟污染治理修复提供科学依据。

1 研究区概况

龙湾区位于浙江省温州市瓯江口南岸,为温州市4大城区之一和主要工业区。近年来,该区大力发展特色产业,形成了不锈钢拉管、水暖洁具、阀门和合成革等主要工业产业。但随着工业经济快速发展,龙湾区的水环境质量不断恶化,尤其不锈钢酸洗等产业发展导致该区河道水体氟化物含量高居不下。据环境部门监测数据,龙湾区的永强塘河与中横河等主要河道水氟含量远超过了所在环境功能区要求的1.0 mg/L标准限值(地表水环境质量标准GB3838-2002),该区河道水环境受到了较为明显的氟化物污染。

2 材料与方法

2.1 样品采集和预处理

2016年10月,在实地考察基础上,充分考虑研究河段水深(1~3 m)等水文特征、河岸土地利用状况、干支流分布特点、采样适宜性和代表性等因素,在永强塘河上中下游主干河道、下游和中游东西两侧一级支流依次分别设置8个、5个和12个共25个采样断面,中横河经开发区河段主干河道、东西两侧一级支流分别设置5个和13个共18个采样断面。在每个采样断面,为了增强水样采集的可靠性,利用自制地表水采样器采集河道中部及两侧3个样点表层10 cm深的混合水样并装入采样瓶,然后使用抓斗式底泥采泥器采集河道底部表层(0—10 cm)的泥样并装入塑料自封袋。所采水样在贴好标签后带回实验室并保存于冰箱,以备后续水样氟化物含量测试之用。采集的底泥样品贴标签带回实验室后,立即将其放置在吸水纸上进行自然风干,同时去除样品的中植物根系和石块等杂物;待底泥样品全部自然风干后,利用玛瑙研钵研磨处理后过100目尼龙筛,贮存于塑料自封袋待用。

2.2 样品氟化物含量测定

水样和底泥样品中氟化物含量均采用离子选择电极法进行测定,其中水样氟含量测定参照水质氟化物的测定离子选择电极法(GB/T7484-87)提供的相关方法步骤进行,底泥样品全氟含量测定采用NaOH碱熔—离子选择电极法(GB/T22104-2008),使用仪器为PFS-80型精密氟度计(中国上海康仪仪器有限公司)。同时,为了控制测定精度,上述样品氟含量测定时均设置3个平行样,采用国标液控制工作曲线,测量分析的相对标准偏差控制在10%以内。

2.3 评价方法

采用单因子污染指数法对研究区河道水和底泥氟污染程度进行评价,其计算公式为:

$$W_i = C_i / S_0$$

式中:W_i——i采样断面水/底泥的氟污染指数;C_i——i采样断面水氟含量(mg/L)/底泥全氟含量实

测值(mg/kg);S_0——水/底泥氟污染评价标准值,其中水氟污染评价标准值采用研究河流所在环境功能区执行的Ⅲ类地表水质规定的氟含量限值(1.0 mg/L),底泥氟污染评价标准值采用研究工业区所在区域土壤全氟含量背景值[17](662 mg/kg)。

目前对于单因子污染指数法评价结果多采用污染指数值和超标率对污染程度进行定量分析,很少对污染指数进行等级划分,以反映污染程度定性差异和可能造成的潜在危害。为此,本文结合已有研究[18]并考虑不同类别地表水质氟含量限值和我国地氟病发生区土壤全氟平均值,提出了研究河道水和底泥氟污染单因子评价结果等级划分标准,即:$W_i \leqslant 1$ 为无污染、$1 < W_i \leqslant 2$ 为轻度污染、$2 < W_i \leqslant 3$ 为中度污染,$W_i > 3$ 为重度污染。

3　结果与分析

3.1　工业区河道水氟污染及空间分布特征

3.1.1　永强塘河水氟污染及空间分布　表 1 为龙湾区永强塘河主干及支流河道各采样断面水氟含量和污染评价结果。

表 1　永强塘河主干及支流各采样断面水氟含量及污染评价　　mg/L

断面编号	断面位置	所属河道	氟含量	氟含量均值	氟污染指数	氟污染等级
S_1	钟桥村	上游主干河道	0.22	0.22	0.22	无污染
S_2	天柱路	中游主干河道	1.77	2.69	1.77	轻度污染
S_3	中心西街		3.61		3.61	重度污染
S_4	永昌路		3.36		3.36	重度污染
S_5	衙城街		2.94		2.94	中度污染
S_6	永宁东路		1.78		1.78	轻度污染
S_7	姚家汇	下游主干河道	1.11	3.05	1.11	轻度污染
S_8	蓝田水闸		4.99		4.99	重度污染
S_9	大朗桥南河	中游东侧支流河道	1.37	3.42	1.37	轻度污染
S_{10}	大朗桥北河		7.52		7.52	重度污染
S_{11}	南度山河		4.16		4.16	重度污染
S_{12}	康新浃河		3.06		3.06	重度污染
S_{13}	水潭河		2.88		2.88	中度污染
S_{14}	衙前河		2.83		2.83	中度污染
S_{15}	沙前河		2.14		2.14	中度污染
S_{16}	北度山河	中游西侧支流河道	4.14	2.90	4.14	重度污染
S_{17}	虹桥河		3.19		3.19	重度污染
S_{18}	下六宅河		2.98		2.98	中度污染
S_{19}	沧上河		2.57		2.57	中度污染
S_{20}	石浦大河		1.62		1.62	轻度污染
S_{21}	宁村北河	下游支流河道	2.98	2.96	2.98	中度污染
S_{22}	沙角滩头河		1.20		1.20	轻度污染
S_{23}	蓝浦河		4.20		4.20	重度污染
S_{24}	哨所河		5.13		5.13	重度污染
S_{25}	大浦河		1.29		1.29	轻度污染

由表 1 可以看出,永强塘河主河道采样断面的水氟含量在 0.22～4.99 mg/L 之间,主河道采样断面水氟含量超标率达到 87.5%,最高超标倍数为 4.99(下游主干河道的蓝田水闸 S_8 断面)。自主河道上游、中游至下游,采样断面水氟含量均值呈明显增加趋势。除上游主河道采样断面未受氟污染外,中游和下游主河道采样断面水氟污染等级均在轻度以上,尤其中游主干河道采样断面水氟污染达到中度和重度等级的比例达到 60%。永强塘河支流河道采样断面水氟含量超标率为 100%,最高超标倍数出现在中游东侧支流河道的大朗桥北河 S_{10} 断面,为 7.52。支流河道采样断面的水氟污染等级也均在轻度以上,其中中游东、西两侧支流河道采样断面水氟污染等级为中度和重度的比例分别高达 85.7%和 80%。可见,永

强塘河水氟污染以中游主干和支流河道更为严重。这种空间分布特点与该河流沿岸分布的大量不锈钢酸洗企业排放不达标含氟废水密切相关,加之河道水流缓慢,水体更新和自我降解能力低下,进一步加剧了该河段水氟污染。

3.1.2 中横河水氟污染及空间分布 由表2可知,中横河经济开发区河段主干河道采样断面水氟含量超标率为80%,最高超标倍数出现在明珠路S_{28}断面,为15.25;该河段主干河道采样断面水氟污染达到重度等级比例为80%。支流河道采样断面水氟含量超标率为84.6%,东侧支流河道的滨海七路S_{32}断面超标倍数最高,达22.5。除西侧支流河道的三甲老浦河S_{42}和建海河S_{43}断面未受氟污染外,其余支流河道采样断面水氟污染均在轻度等级以上,其中东、西两侧支流河道采样断面水氟污染达到重度污染的比例分别达到75%和44.4%。

从以上结果不难看出,主干河道及东侧支流河道是中横河开发区河段水氟污染严重河道。这种分布特点与中横河东侧的经济开发区密不可分。该开发区拥有工业企业3 000多家,其中不乏不锈钢水暖洁具等使用含氟原料及辅料的生产企业,这些企业不仅分布集中,且生产规模大、含氟废水排放量高。中横河经开区主干及东侧支流河道正是接纳该开发区生活污水和工业废水的主要水体,从而导致了其水氟污染程度不仅高于中横河西侧支流,还明显严重于永强塘河主干及支流河道。

表2 中横河经济开发区河段主干及支流河道各采样断面水氟含量及污染评价 mg/L

断面编号	断面位置	所属河道	氟含量	氟含量均值	氟污染指数	氟污染等级
S_{26}	滨海一路	主干河道	6.50	8.26	6.50	重度污染
S_{27}	滨海二路		8.64		8.64	重度污染
S_{28}	明珠路		15.25		15.25	重度污染
S_{29}	滨海十路		10.14		10.14	重度污染
S_{30}	滨海十五路		0.77		0.77	无污染
S_{31}	滨海二路	东侧支流河道	5.90	8.61	5.90	重度污染
S_{32}	滨海七路		22.50		22.50	重度污染
S_{33}	滨海十路		4.82		4.82	重度污染
S_{34}	滨海十三路		1.23		1.23	轻度污染
S_{35}	康一河	西侧支流河道	10.30	4.28	10.30	重度污染
S_{36}	八甲河		1.86		1.86	轻度污染
S_{37}	昌文河		4.22		4.22	重度污染
S_{38}	前沥河		14.01		14.01	重度污染
S_{39}	沧宁河		1.22		1.22	轻度污染
S_{40}	永恩河		4.46		4.46	重度污染
S_{41}	天津直河		1.43		1.43	轻度污染
S_{42}	三甲老浦河		0.35		0.35	无污染
S_{43}	建海河		0.65		0.65	无污染

3.2 工业区河道底泥氟污染及空间分布特征

3.2.1 永强塘河底泥氟污染及空间分布 由表3可见,永强塘河主干河道采样断面底泥全氟含量超标率为25%,最高超标倍数为1.51(中游主干河道衙城街S_5断面),中游主干河道采样断面底泥全氟含量均值明显高于上游和下游主干河道。除中游主干河道的永昌路S_4和衙城街S_5采样断面底泥氟污染为轻度外,其余主干河道采样断面底泥均未受到氟污染。永强塘河支流河道采样断面底泥全氟含量超标率为52.9%,中游西侧支流的石浦大河S_{20}断面底泥氟含量超标倍数最高,为1.66;中游西侧支流河道各采样断面底泥全氟含量均值明显高于中游东侧和下游支流河道。

支流河道采样断面底泥氟污染均为轻度及以下等级,其中中游东、西侧支流和下游支流河道底泥氟污染达到轻度污染的采样断面所占比例分别是57.1%,80%和20%。总体来看,永强塘河主干及支流河道采样断面底泥氟污染较轻且空间差异明显,中游支流河道采样断面底泥氟污染达到轻度等级的比例较高;而主干河流及下游支流河道采样断面底泥大多未受到氟污染,其原因与这些河道曾开展的底泥清除密切相关。

表 3　永强塘河主干及支流河道各采样断面底泥全氟含量及污染评价　　mg/kg

断面编号	断面位置	所属河道	全氟含量	全氟含量均值	氟污染指数	氟污染等级
S_1	钟桥村	上游主干河道	27.5	27.5	0.04	无污染
S_2	天柱路	中游主干河道	640	668.0	0.97	无污染
S_3	中心西街		540		0.82	无污染
S_4	永昌路		790		1.19	轻度污染
S_5	衙城街		1 000		1.51	轻度污染
S_6	永宁东路		370		0.56	无污染
S_7	姚家汇	下游主干河道	200	155.0	0.30	无污染
S_8	蓝田水闸		110		0.17	无污染
S_9	大朗桥南河	中游东侧支流河道	29.5	579.9	0.04	无污染
S_{10}	大朗桥北河		260		0.39	无污染
S_{11}	南度山河		680		1.03	轻度污染
S_{12}	康新浃河		930		1.40	轻度污染
S_{13}	水潭河		930		1.40	轻度污染
S_{14}	衙前河		1 000		1.51	轻度污染
S_{15}	沙前河		230		0.35	无污染
S_{16}	北度山河	中游西侧支流河道	870	846.0	1.31	轻度污染
S_{17}	虹桥河		480		0.73	无污染
S_{18}	下六宅河		790		1.19	轻度污染
S_{19}	沧上河		990		1.50	轻度污染
S_{20}	石浦大河		1 100		1.66	轻度污染
S_{21}	宁村北河	下游支流河道	850	344.0	1.28	轻度污染
S_{22}	沙角滩头河		320		0.48	无污染
S_{23}	蓝浦河		170		0.26	无污染
S_{24}	哨所河		150		0.23	无污染
S_{25}	大浦河		230		0.35	无污染

3.2.2　*中横河底泥氟污染及空间分布*　表 4 显示，中横河经济开发区河段主干及东、西两侧支流河道采样断面底泥全氟含量超标率别为 16.7%，最高超标倍数为 1.66(主干河道的 S_{27} 和东侧支流河道的 S_{31} 断面)，主干河道和东侧支流河道采样断面底泥全氟含量均值远高于西侧支流河道。除西侧支流河道各采样断面底泥未受到氟污染外，主干河道和东侧支流河道采样断面底泥氟污染达到轻度等级比例分别为 40.0%和 25%的，其余河道采样断面底泥均未受到氟污染。总体而言，横河经济开发区河段主干及东、西两侧支流河道采样断面底泥大多未受到氟污染，已受到氟污染的河道采样断面底泥基本为轻度污染。究其原因，其一是部分河道曾经开展了底泥清除，使得这些河道底泥中当前全氟含量较低而未超标；其二与河道水体中的氟存在方式有关，即大多氟以离子形式存在于水中，而以沉淀形式存留在河道底泥的比例较低。

3.3　工业区河道水氟污染来源探讨

根据周旭莉等[1-14]等对河流、水库等水体氟污染成因研究成果，水体氟污染来源主要包括自然来源，如地质、气候、水文径流和底泥内源释放等，以及含氟工业废水不达标排放等人为来源；不同类型地域和水体的氟污染具体来源有明显差别。汪庆华等[17]研究显示温州龙湾工业区不属于地质、气候等自然因素导致的水体和土壤传统高氟区。为了进一步探讨本研究区工业区河道水氟污染的来源，在前文对河道水与底泥氟污染评价基础上，结合污染源调查数据，采用统计相关分析法，计算出了龙湾工业区永强塘河及中横河各河道采样断面水氟含量与底泥全氟含量及该采样断面上游 500 m 范围内不锈钢类生产企业数量的相关系数，结果详见表 5。由表 5 可见，永强塘河和中横河经济开发区河段主干与支流河道采样断面水与底泥氟含量相关系数除永强塘河主干河流外，全部呈现负相关；相关系数总体偏低，只有永强塘河中游西侧支流河道与中横河经济开发区西侧支流河道水氟含量与底泥全氟含量相关系数超过 0.5，其余均低于 0.42。这种低相关系数的负相关特征表明当前的

河道底泥对河道水氟污染贡献不大,这既与部分河道曾经进行底泥清除导致现有底泥中氟化物含量降低有关,也表明河道底泥清除不能根本解决河道水氟污染。永强塘河与中横河经济开发区河段主干及支流河道各采样断面水氟含量与该断面上游 500 m 范围内的不锈钢类企业数量呈现很好的正相关关系,相关系数超过 0.9 的河道所占比例达到 71.4%,相关系数最低仅为 0.8(永强塘河下游支流河道)。不难看出,龙湾工业区永强塘河与中横河经济开发区河段水氟污染与沿岸不锈钢类工业点源分布密切相关。这类企业由于在酸洗、钝化及镀层漂洗等生产工艺中使用氢氟酸等含氟原料和辅料,其外排不达标含氟废水必然导致周围河道水氟含量上升,造成周围河道水体氟污染。

表 4 中横河经济开发区河段主干及支流河道各采样断面底泥全氟含量及污染评价 mg/kg

断面编号	断面位置	所属河道	全氟含量	全氟含量均值	氟污染指数	氟污染等级
S_{26}	滨海一路	主干河道	330	620.0	0.50	无污染
S_{27}	滨海二路		1 100		1.66	轻度污染
S_{28}	明珠路		190		0.29	无污染
S_{29}	滨海十路		380		0.57	无污染
S_{30}	滨海十五路		1 100		1.66	轻度污染
S_{31}	滨海二路	东侧支流河道	1 100	600.0	1.66	轻度污染
S_{32}	滨海七路		360		0.54	无污染
S_{33}	滨海十路		380		0.57	无污染
S_{34}	滨海十三路		560		0.85	无污染
S_{35}	康一河	西侧支流河道	73	153.8	0.11	无污染
S_{36}	八甲河		190		0.29	无污染
S_{37}	昌文河		130		0.20	无污染
S_{38}	前沥河		91		0.14	无污染
S_{39}	沧宁河		210		0.32	无污染
S_{40}	永恩河		130		0.20	无污染
S_{41}	天津直河		110		0.17	无污染
S_{42}	三甲老浦河		230		0.35	无污染
S_{43}	建海河		220		0.33	无污染

表 5 龙湾区河道水氟含量与底泥全氟含量及采样断面上游 500 m 范围不锈钢类企业数量相关统计

河流名称	河道类型	河道水与底泥氟含量相关系数 R_1	河道水氟含量与不锈钢类企业数量相关系数 R_2	采样断面数量/个
永强塘河	主干河道	0.28	0.97	8
	中游东侧支流河道	−0.05	0.89	7
	中游西侧支流河道	−0.52	0.96	5
	下游支流河道	−0.19	0.80	5
中横河经济开发区河段	主干河道	−0.41	0.92	5
	东侧支流河道	−0.36	0.92	4
	西侧支流河道	−0.78	0.91	9

4 结 论

(1) 温州龙湾工业区永强塘河主干及支流河道采样断面水氟含量超标率达 96%,中游主干及东、西两侧支流河道采样断面水氟污染达到中度和重度污染等级的比例分别为 60%,85.7%和 80%,远高于其他河道。中横河经济开发区河段干支流采样断面水氟含量超标率为 83.3%,最高超标倍数为 22.5,其主干及东侧支流河道采样断面水氟污染达到重度等级的比例分别达到 80%和 75%。

(2) 永强塘河与中横河各河道采样断面底泥氟污染总体较低,污染程度均在轻度及以下等级,其中永强塘河中游东、西两侧支流河道采样断面底泥氟污染达到轻度等级的比例分别为 57.1%,80%。明显

高于永强塘河其他河道及中横河经济开发区河段的主干与支流河道。

(3) 永强塘河与中横河底泥中氟的内源释放对河道水氟污染贡献不大,而不锈钢类企业分布与其具有较高相关性,开展外源性含氟工业废水治理并实现达标排放是龙湾工业区河道水环境氟污染整治重要途径。

[参 考 文 献]

[1] 周旭莉. 奎屯河流域高氟水的分布特征及饮水安全对策分析[J]. 吉林农业,2015(10):125-126.

[2] 范基姣,佟元清,李金英,等. 我国高氟水形成特点的主要影响因子及降氟方法[J]. 安全与环境工程,2008,15(1):14-16.

[3] 叶群峰,郭婷. 金华市萤石矿区水环境氟的分布及影响因素[J]. 环境科学与技术,2015,38(11):170-173.

[4] 张跃武,车胜华. 官厅水库氟化物污染分析[J]. 京水务,2008(1):11-14.

[5] 俞征,杨生恕,陈凌华,等. 贵州花溪水库及花溪河、打邦河氟含量初步调查[J]. 贵州科学,1994,21(3): 60-63.

[6] 梁秀娟,肖然,肖长来,等. 吉林西部洋沙泡水库高氟水的形成[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2012, 42(3): 798-804.

[7] 伍名群. 清水江流域氟化物季节性变化特征及防治对策[J]. 环保科技,2013(3):43-46.

[8] 周天骤. 塔里木河干流流域水体中氟的含量及其分布特征的初步研究[J]. 新疆大学学报:自然科学版,1994,11(1):84-91.

[9] 朱华. 富屯溪邵武段水质氟化物超标成因分析[J]. 福建分析测试,2004(13):2088-2091.

[10] 李美玲,苏庆平,刁正良. 高氟温泉水中氟在周边水环境中的分布特征与评价[J]. 四川环境,2010,29(6):8-10.

[11] 何胜,栗小原,杨彩梅,等. 某铝业周边水氟含量及居民体内氟含量的调查[J]. 职业与健康,2012,28(9):49-51.

[12] 王文军,张学林. 松嫩平原西部地区水环境中氟的研究[J]. 环境科学学报,1999,19(6):662-666.

[13] 陈渊,谢祖芳,晏全,等. 玉林市环境水体及饮用水中氟含量的初步调查[J]. 玉林师范学院学报:自然科学,2006,27(3):76-80.

[14] 万继涛,郝奇琛,巩贵仁,等. 鲁西南地区高氟水分布规律与成因分析[J]. 现代地质,2013,27(2): 448-453.

[15] 汪旸,王彩生,陈晓东,等. 地方性氟中毒地区水氟含量与土壤氟含量关系的初步探讨[J]. 江苏预防医学,2012,23(4):17-18.

[16] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[17] 汪庆华,董岩翔,周国华,等. 浙江省土壤地球化学基准值与环境背景值[J]. 生态与农村环境学报,2007, 23(2):81-88.

[18] 李静,谢正苗,徐建明,等. 我国氟的土壤健康质量指标及评价方法的初步探讨[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(5):593-597.

《水土保持通报》封面图案稿酬支付启事

本刊 201601—201703 封面 1 树木图案来自网络资料。因原图案相关部位缺失作者联系方式,未能及时支付稿酬。请该图作者及时与本刊编辑部(bulletin@ms.iswc.ac.cn)联系,《水土保持通报》编辑部会按本刊正常付酬标准并参考同类期刊付酬标准尽快支付稿酬。多谢支持!

《水土保持通报》编辑部

二零一七年十二月