

郑州市饮用水源水中砷含量检测及健康风险评价

陈 栋¹, 梁 悦², 柳云广²

(1. 华北水利水电大学 环境与市政工程学院, 河南 郑州 450011; 2. 南阳市建筑设计研究院, 河南 南阳 473003)

摘 要: 为了了解郑州市饮用水源水的砷污染情况,应用原子荧光法对2012年—2014年水源水中的砷含量进行检测。结果表明,6个采样点的砷含量均小于地表水Ⅰ类标准限值(0.05 mg/L),其中5个采样点的砷含量小于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的限值(0.01 mg/L),另外1个采样点的砷含量大部分超过了GB 5749—2006的限值,2012年—2014年的超标率分别为41.7%、66.7%、83%。对2014年地下水与自来水中的砷进行健康风险评价,结果显示,砷的致癌风险值虽然已经超过美国EPA建议值,但砷含量低于GB 5749—2006限值,不会对人群产生致癌毒害。

关键词: 饮用水源水; 砷; 健康风险评价

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)07-0073-03

Detection and Health Risk Assessment of Arsenic Content of Source Water in Zhengzhou

CHEN Dong¹, LIANG Yue², LIU Yun-guang²

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China; 2. Nanyang Architectural Design & Research Institute, Nanyang 473003, China)

Abstract: To know the pollution and health risk of trace arsenic in source water in Zhengzhou City, trace arsenic in source water was determined using atomic fluorescence spectrometry. Arsenic levels of six sample points were less than the first-class standard value as required by *Environment Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). Moreover, the arsenic content of five sample points were lower than the limit value in *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006). However, the arsenic content of the other sample points was considerably more than the limit value of *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006), and arsenic contents during the 2012-2014 period exceeded the standard value by 41.7%, 66.7% and 83%, respectively. The health risks of trace arsenic in tap water and underground water in 2014 were also evaluated. The results showed that the cancerous risk indexes exceeded the acceptable levels recommended by US EPA, but arsenic contents were lower than that required by GB 5749-2006, indicating that the arsenic levels had no carcinogenic toxicity on people.

Key words: source water; arsenic; health risk assessment

砷是一种有毒重金属,对神经系统、心血管系统、呼吸系统、血液及皮肤都有毒性,已被美国疾病控制中心和国际防癌研究机构确定为第一类致癌

物^[1]。我国2007年7月1日起强制实施的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)将As含量限值由原来的0.05 mg/L降至0.01 mg/L。

黄河地表原水是郑州市主要的饮用水源水之一,黄河原水自花园口闸口引入陶滤池后,经砂滤池进入中法原水厂,经常规工艺处理后进入城市供水管网。笔者对郑州市饮用水源水中的砷含量进行检测,并对地下水与自来水中的砷含量进行健康风险评价,旨在为郑州市饮用水源水中砷的风险管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样点分布

试验中设置6个采样点,分别为花园口水文断面处(1[#],黄河原水)、花园口进水闸口(2[#])、陶滤池(3[#],泵房附近取水口)、砂滤池后(4[#],中法原水)、东周水厂进水口(5[#],黄河侧渗水)、花园口村村民自备井(6[#],地下水),自来水取自华北水利水电大学。

1.2 样品采集及预处理

用经硝酸浸泡、蒸馏水洗净、烘干后的采样瓶在采样点采集水样,并编号。样品采集后立即低温(在8℃左右)保存,并加入浓硝酸(100 mL水样加1 mL浓硝酸),使水样pH值<2。测定时,取10 mL待测水样至25 mL比色管,加入5 mL盐酸溶液和5 mL硫脲溶液,用去离子水定容至25 mL,摇匀,至少反应30 min后测定。

1.3 分析检测方法

试验采用原子荧光光谱仪检测水样中的砷含量,方法检出限为0.01 μg/L,加标回收率在96%~106%之间。

2 砷含量的检测结果

2012年1月—2014年12月,在6个采样点每月取1次水样,检测其中的砷含量,结果见图1。可知,6个取样点的砷含量均低于地表水Ⅰ类标准限值(0.05 mg/L);另外,除黄河侧渗水外,其他5个取样点的砷含量均小于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)限值(0.01 mg/L)。

黄河侧渗水的砷含量大部分都超过了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的限值,2012年—2014年的超标率分别为41.7%、66.7%、83%,出现这种现象的原因可能是由于黄河河床的泥沙含量较高,而泥沙对重金属具有较为复杂的吸附-解析作用,由此可能导致经过河床后的侧渗水中砷含量高于黄河原水的砷含量,这给后续处理工艺带来了一定压力。

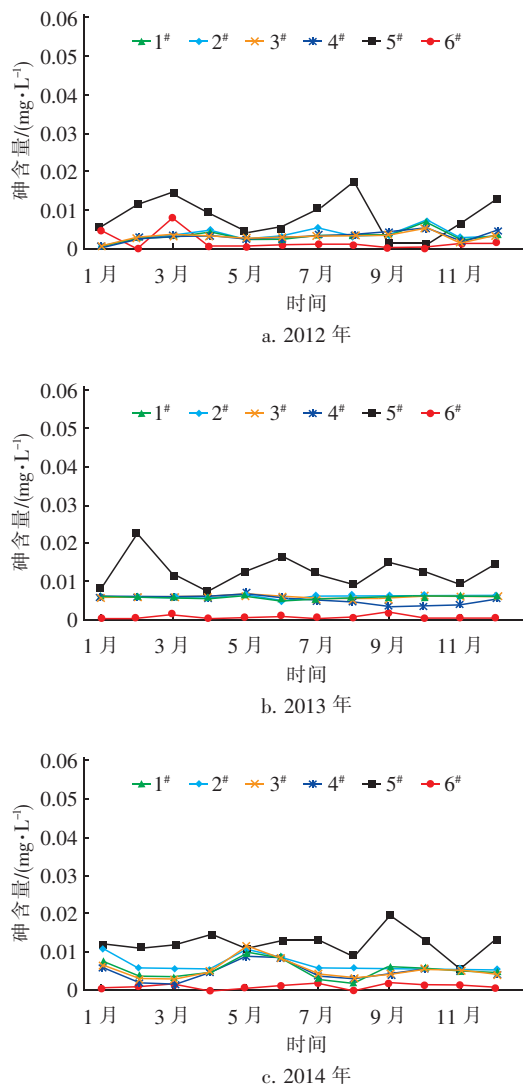


图1 郑州市水源水中的砷含量

Fig. 1 As content of source water in Zhengzhou

3 砷含量的健康风险评价

一般人体在低剂量化学致癌物暴露条件下,暴露剂量率和人体致癌风险之间呈线性关系;当高剂量导致高致癌风险时,暴露剂量率和人体致癌风险之间呈指数关系^[2-4]。致癌风险 R 可用风险值来描述,具体计算方法如下:当 $R < 0.01$ 时, $R = SF \times E$;当 $R \geq 0.01$ 时, $R = 1 - \exp(-SF \times E)$ 。其中, R 为致癌风险,表示人体终生超额患癌的概率; SF 为化学致癌物的致癌斜率系数($\text{kg} \cdot \text{d}/\text{mg}$),可由风险信息数据库(IRIS)和健康效应评价摘要表(HEAST)查得; E 为暴露剂量率 $[\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$,表示单位体重人体日均摄入的评价污染物质量。

经由饮水途径暴露的长期日摄入量 E 的计

算方法如下:

$$E = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \tag{1}$$

式中, *C* 为水中污染物的浓度, mg/L; *IR* 为饮水率, 即人体日均饮水量, 本研究取 2 L/d; *EF* 为暴露频率, 表示评价时段内人体年均摄入评价污染物的天数, d/年; *ED* 为暴露历时, 表示人体终生摄入评价污染物的年数, 本研究取 30 年; *BW* 为人体的平均体质量, 我国宜采用 60 kg; *AT* 为平均时间, d。

按照上述方法对 2014 年郑州市地下水与自来

水中的砷含量进行健康风险评价, 结果见表 1。根据 EPA 综合风险信息系统的分类信息, 砷属于 A 类致癌污染物, EPA 建议以 1.00×10^{-6} 进行风险控制, 由表 1 可知, 地下水中砷的健康风险超标, 超标高达 12~47 倍, 自来水超标 107~207 倍; 但是, 与我国《生活饮用水卫生标准》中砷的限值 0.01 mg/L 相比, 该地下水和自来水中的砷含量略低于此限值。因此, 可以基本认定地下水和自来水中的砷不会对饮用人群产生毒害效应, 但是需要对砷污染物加强监测, 确保其达标。

表 1 地下水和自来水中砷含量的健康风险评价结果

Tab. 1 Health risk assessment results of As content in groundwater and tap water

时 间	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
<i>R</i> _{地下水}	1.29E - 05	2.57E - 05	3.43E - 05	0.00E + 00	2.36E - 05	2.14E - 05	4.71E - 05	0.00E + 00	4.93E - 05	3.64E - 05	3.21E - 05	1.93E - 05
<i>R</i> _{自来水}	1.71E - 04	1.50E - 04	1.07E - 04	1.29E - 04	1.71E - 04	1.50E - 04	2.08E - 04	1.61E - 04	1.07E - 04	1.29E - 04	1.71E - 04	1.93E - 04

4 结 论

① 对郑州市水源水中砷含量的调查结果表明, 所有取样点的砷含量均低于地表水 I 类标准限值; 除黄河侧渗水外, 其他水样中的砷含量均低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 限值; 黄河侧渗水中的砷含量大部分超过了 GB 5749—2006 的限值, 2012 年—2014 年的超标率分别为 41.7%、66.7%、83%, 这就要求后期水处理工艺中必须考虑除砷。

② 对 2014 年地下水与自来水中的砷含量进行 EPA 健康风险评价, 结果显示, 风险指标虽已超过 EPA 的建议指标, 但砷含量低于《生活饮用水卫生标准》限值, 不会对人群产生毒害, 但需对其加强监测。

参考文献:

[1] 卞战强, 谢莉, 田向红, 等. 三种晶型纳米二氧化锰对水中 As(Ⅲ) 和 As(Ⅴ) 的吸附性能研究[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(7): 645—648.

[2] 李兰芳, 陈海珍, 潘翊, 等. 广州市主城区饮用水中“三氮”含量及健康风险评价[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(10): 923—925.

[3] 杜金花, 张宜升, 何凌燕, 等. 深圳某地区大气 PM_{2.5} 中重金属的污染特征及健康风险评价[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(9): 838—840.

[4] 段小丽, 黄楠, 王贝贝, 等. 国内外环境健康风险评价中的暴露参数比较[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(2): 99—104.



作者简介: 陈栋(1972—), 男, 河南濮阳人, 本科, 高级工程师, 注册公用设备工程师, 研究方向为供水工程、排水工程、水处理工程、建筑给排水工程、工程施工监理等。

E-mail: 441993352@qq.com

收稿日期: 2016—09—11