

· 论 著 ·

金华市农村生活饮用水化学污染健康风险评估

王祚懿, 陈强, 何晓庆, 盛微, 罗进斌

金华市疾病预防控制中心, 浙江 金华 321002

摘要: **目的** 评估金华市农村生活饮用水的健康风险水平, 为农村饮用水卫生管理提供依据。**方法** 于2016—2018年采集金华市涉农乡镇2 032份饮用水水样, 按GB/T 5750—2006《生活饮用水卫生标准检验方法》检测砷、镉、六价铬、三氯甲烷和四氯化碳5种化学致癌物, 以及铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、铝、铁、锰、铜、锌和氨氮12种非致癌化学有毒物质, 采用美国环境保护局 (USEPA) 推荐的健康风险评估模型评估这17种化学物通过饮水途径产生的健康风险。**结果** 17种化学物通过饮水途径产生的总体健康风险为 $34.81 \times 10^{-6}/a$, 其中5种化学致癌物的总致癌风险为 $34.80 \times 10^{-6}/a$; 12种非致癌化学有毒物质的总非致癌风险为 $6.65 \times 10^{-9}/a$ 。5种化学致癌物的致癌风险占总体健康风险的99.98%, 其中六价铬的致癌风险占总体健康风险的89.93%。完全处理、部分处理和未处理的水样的总体健康风险分别为 $31.68 \times 10^{-6}/a$ 、 $34.78 \times 10^{-6}/a$ 和 $34.77 \times 10^{-6}/a$; 出厂水和末梢水的总体健康风险分别为 $34.79 \times 10^{-6}/a$ 和 $34.82 \times 10^{-6}/a$ 。**结论** 金华市农村生活饮用水中化学物质经饮水途径产生的总体健康风险处于较低水平, 其中六价铬致癌风险相对较高, 需引起重视。

关键词: 健康风险评估; 生活饮用水; 农村

中图分类号: R123 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2019) 10-1012-05

Health risk assessment of chemical pollution in rural drinking water in Jinhua

WANG Zuo-yi, CHEN Qiang, HE Xiao-qing, SHENG Wei, LUO Jin-bin

Jinhua Center for Disease Control and Prevention, Jinhua, Zhejiang 321002, China

Abstract: **Objective** To understand the health risk of drinking water in rural areas of Jinhua and to provide evidence for water sanitary management in rural areas. **Methods** Totally 2 032 samples of drinking water in rural areas of Jinhua were collected from 2016 to 2018. According to GB/T 5750-2006 *Standard Examination Methods for Drinking Water*, five chemical carcinogens (As, Cd, Cr^{6+} , $CHCl_3$ and CCl_4) and twelve non-carcinogenic chemicals (Pb, Hg, Se, CN^- , F^- , NO_3^- , Al, Fe, Mn, Cu, Zn and NH_3-N) were detected. The health risk assessment in rural drinking water was conducted by United States Environmental Protection Agency (USEPA) model. **Results** The total health risk, total carcinogenic risk and total non-carcinogenic risk of rural drinking water caused by the seventeen chemicals were $34.8 \times 10^{-6}/a$, $34.80 \times 10^{-6}/a$ and $6.65 \times 10^{-9}/a$, respectively. The carcinogenic risk of five chemical carcinogens accounted for 99.98% of the total health risk, and the carcinogenic risk of Cr^{6+} accounted for 89.95% of the total health risk. The total health risk of the fully processed, partially processed and unprocessed water samples were $31.68 \times 10^{-6}/a$, $34.78 \times 10^{-6}/a$ and $34.77 \times 10^{-6}/a$, respectively. The total health risk of finished water and peripheral water were $34.79 \times 10^{-6}/a$ and $34.82 \times 10^{-6}/a$. **Conclusion** The health risk of drinking water in rural areas of Jinhua caused by chemicals is low. The hexavalent chromium has the highest health risk and need more attention to be paid on.

Key words: Health risk assessment; Drinking water; Rural areas

近年来, 随着人们健康意识的提升, 农村生活饮用水安全问题受到居民及各级政府的重视。生活饮用

水中的化学污染造成的健康危害缓慢而长期作用于人体, 引起慢性中毒甚至致癌^[1-3], 通过健康风险评估定量分析饮用水中化学污染物对人体的健康风险是十分必要的^[4]。受经济条件和地理环境的制约, 金华市农村饮水工程的水处理工艺大部分为不完全处理方式 (沉淀、过滤、仅消毒) 或未处理, 一定程度上导

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2019.10.009

基金项目: 金华市科技计划重点项目 (2015-3-023)

作者简介: 王祚懿, 硕士, 主管医师, 主要从事环境与职业卫生工作

通信作者: 王祚懿, E-mail: 156812520@163.com

致了农村生活饮用水的水质合格率不高。于 2016—2018 年对金华市农村生活饮用水水质进行监测, 采用美国环境保护局 (United States Environmental Protection Agency, USEPA) 推荐的健康风险评估模型^[5] 评估水中化学物质对人体的健康风险, 为农村饮用水卫生管理提供依据。现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 水样采集 以水厂供水能力和覆盖人口为主, 结合水源类型、处理工艺等要素分层设置监测点, 要求覆盖金华市所有涉农乡镇, 根据覆盖人口每个乡镇设置 1~5 个监测点。每个监测水厂至少采集出厂水、末梢水各 1 份, 末梢水根据水厂规模的大小增加采集数量; 每年的丰水期和枯水期各采集 1 次水样。

1.2 水质检测与评价 按照 GB/T 5750—2006《生活饮用水卫生标准检验方法》^[6] 对水样进行采集、保存和检测, 检测结果小于检出限时, 以 1/2 检出限计算。根据国际癌症研究机构对毒物的分类, 本研究检测砷 (As)、镉 (Cd)、六价铬 (Cr⁶⁺)、三氯甲烷 (CHCl₃) 和四氯化碳 (CCl₄) 5 种化学致癌物, 以及铅 (Pb)、汞 (Hg)、硒 (Se)、氰化物 (CN⁻)、氟化物 (F⁻)、硝酸盐 (NO₃⁻)、铝 (Al)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、铜 (Cu)、锌 (Zn) 和氨氮 (NH₃-N) 12 种非致癌化学有毒物质。检测结果参照 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》^[7] 进行评价。

1.3 健康风险评估 采用 USEPA 推荐的健康风险评估模型, 模型中各化学污染物经饮水途径暴露的致癌强度系数和非致癌参考剂量均参照 USEPA 标准^[8-9]。

1.3.1 化学致癌物健康风险评估 通过下列公式计算经饮水途径暴露于化学致癌物产生的致癌风险:

$$D_i = \frac{1.825 \times C_i}{60}$$

$$R_i^c = \frac{[1 - \exp(-D_i Q_i)]}{79.56}$$

$$R_{\text{总}}^c = \sum_{i=1}^k R_i^c$$

式中, D_i 为某种化学致癌物通过饮水途径的单位体重日均暴露剂量 [mg/(kg·d)]; 1.825 为我国农村成人日均总饮水摄入量 (L/d)^[10]; C_i 为饮用水中某种化学致癌物的浓度 (mg/L); 60 为世界卫生组织 (WHO) 标准成人体重 (kg)。 R_i^c 为某种化学致癌物通过饮水途径产生的平均个人致癌风险 (a⁻¹); Q_i 为某种化学致癌物经饮水途径的致癌强度系数 [mg/(kg·d)], As、Cd、Cr⁶⁺、CHCl₃ 和 CCl₄ 的 Q 值分别为 15、6.1、

41、 3.1×10^{-2} 、 1.3×10^{-1} mg/(kg·d); 79.56 为 2017 年金华市居民平均期望寿命 (a)^[11]; $R_{\text{总}}^c$ 为化学致癌物通过饮水途径产生的致癌总风险 (a⁻¹)。

1.3.2 非致癌化学有毒物质健康风险评估 通过下列公式计算经饮水途径暴露于非致癌化学有毒物质产生的非致癌风险:

$$R_i^n = \frac{(D_i \times 10^{-6} R_f D_i)}{79.56}$$

$$R_{\text{总}}^n = \sum_{i=1}^k R_i^n$$

式中, R_i^n 为某种非致癌化学有毒物质通过饮水途径产生的平均个人非致癌风险 (a⁻¹); D_i 为某种非致癌化学有毒物质通过饮水途径的单位体重日均暴露剂量 [mg/(kg·d)], 计算公式同化学致癌物; $R_f D_i$ 为某种非致癌化学有毒物质经饮水途径的非致癌参考剂量 [mg/(kg·d)], Pb、Hg、Se、CN⁻、F⁻、NO₃⁻、Al、Fe、Mn、Cu、Zn 和 NH₃-N 的 $R_f D$ 值分别为 1.4×10^{-3} 、 3.0×10^{-4} 、 5.0×10^{-3} 、 3.7×10^{-2} 、 6.0×10^{-2} 、1.6、 4.0×10^{-4} 、 3.0×10^{-1} 、 1.4×10^{-1} 、 4.0×10^{-2} 、 3.0×10^{-1} 、 9.7×10^{-1} mg/(kg·d); $R_{\text{总}}^n$ 为非致癌化学有毒物质通过饮水途径产生的非致癌总风险 (a⁻¹)。

1.3.3 总体健康风险评估 鉴于饮用水中多种化学污染物之间是否存在拮抗或协同作用尚不明确, 本研究假设饮用水中多种化学污染物对人体的健康危害只存在相加关系, 则总体健康风险 $R_{\text{总}} = R_{\text{总}}^c + R_{\text{总}}^n$ 。

1.4 统计分析 采用 Excel 2007 软件建立数据库, 采用 SPSS 22.0 软件统计分析。定量资料不服从正态分布, 采用中位数和四分位数间距 [$M(Q_R)$] 描述, 两组间比较 Mann-Whitney U 检验, 多组间采用 Kruskal-Wallis H 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 采集水样基本情况 2016—2018 年共采集 2 032 份水样, 来自 247 个集中式供水水厂, 以供水能力 100~1 000 t 的水厂为主, 占 44.13%; 水处理方式为完全处理的水厂占 38.46%, 覆盖人口占 96.07%。见表 1。2 032 份水样中出厂水 766 份, 占 37.70%; 末梢水 1 266 份, 占 62.30%。完全处理 (混凝、沉淀、过滤、消毒) 水样 1 241 份, 占 61.07%; 部分处理 (沉淀、过滤或仅消毒) 水样 538 份, 占 26.48%; 未处理水样 253 份, 占 12.45%。

2.2 饮用水中化学物浓度检测结果 2 032 份水样中, CHCl₃、CCl₄、Pb、F⁻、Al、Fe、Mn、Zn 和

表1 金华市农村水厂供水能力、水处理方式和覆盖人口

项目	水厂		覆盖人口	
	个数	构成比(%)	人数(万人)	构成比(%)
供水能力 (t)				
< 100	72	29.15	3.16	0.77
100 ~ 1 000	109	44.13	16.47	4.03
> 1 000	66	26.72	388.82	95.19
水处理方式				
完全处理	95	38.46	392.40	96.07
不完全处理	108	43.72	11.78	2.88
未处理	44	17.81	4.27	1.05
合计	247	100.00	408.45	100.00

NH₃-N 的合格率分别为 99.85%、99.90%、99.80%、99.80%、99.46%、99.51%、98.62%、99.90% 和 99.90%，其他项目合格率均为 100.00%。不同处理方式水样中各化学污染物浓度差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；不同类型水样中 As、Cd、CHCl₃、Se、F⁻、Fe 和 Mn 的浓度差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2 和表 3。

2.3 饮用水中化学致癌物健康风险 As、Cd、Cr⁶⁺、CHCl₃ 和 CCl₄ 通过饮水途径产生的总致癌风险为 $34.80 \times 10^{-6}/a$ 。其中，Cr⁶⁺ 的致癌风险最高，占总致癌风险的 89.94%，不同类型水样中致癌风险也均以

表2 金华市农村饮用水中化学致癌物浓度 [$M(Q_R)$, mg/L]

项目	As ($\times 10^{-4}$)	Cd ($\times 10^{-5}$)	Cr ⁶⁺ ($\times 10^{-3}$)	CHCl ₃ ($\times 10^{-3}$)	CCl ₄ ($\times 10^{-4}$)
水处理方式					
完全处理	0.5 (2.4)	0.5 (24.5)	2.0 (0.5)	5.0 (11.5)	0.5 (1.2)
部分处理	5.0 (0)	25.0 (400.0)	2.0 (0.5)	0.5 (3.6)	0.5 (2.0)
未处理	5.0 (1.0)	25.0 (40.0)	2.0 (0.5)	0.1 (1.9)	1.0 (1.5)
χ^2 值	218.611	176.219	51.928	350.162	89.113
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
水样类型					
出厂水	5.0 (0)	25.0 (40.0)	2.0 (0.5)	2.1 (7.1)	0.5 (2.0)
末梢水	5.0 (2.5)	25.0 (37.8)	2.0 (0.5)	4.6 (11.5)	0.5 (2.0)
Z 值	-2.542	-2.456	-1.537	-5.503	-0.477
P 值	0.011	0.014	0.124	< 0.001	0.633
合计	5.0 (0)	25.0 (40.0)	2.0 (0.5)	3.2 (9.7)	0.5 (2.0)

表3 金华市农村饮用水中非致癌化学物浓度 [$M(Q_R)$, mg/L]

项目	Pb ($\times 10^{-5}$)	Hg ($\times 10^{-5}$)	Se ($\times 10^{-4}$)	CN ⁻ ($\times 10^3$)	F ⁻ ($\times 10^{-2}$)	NO ₃ ⁻ ($\times 10^{-1}$)
水处理方式						
完全处理	0.5 (49.5)	5.0 (4.5)	0.5 (4.5)	0.1 (0)	10.0 (7.5)	9.7 (7.3)
部分处理	200.0 (200.0)	5.0 (5.0)	5.0 (0)	0.1 (0)	10.6 (14.0)	11.9 (14.2)
未处理	250.0 (240.0)	5.0 (0.5)	5.0 (2.5)	0.1 (0)	12.0 (10.0)	12.0 (12.7)
χ^2 值	235.289	89.868	239.488	6.679	27.928	50.021
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.035	< 0.001	< 0.001
水样类型						
出厂水	20.0 (20.0)	5.0 (1.0)	5.0 (2.5)	0.1 (0)	10.0 (10.0)	10.4 (10.4)
末梢水	12.5 (20.0)	5.0 (5.0)	5.0 (2.5)	0.1 (0)	11.8 (10.0)	10.0 (8.8)
Z 值	-1.566	-0.580	-2.216	-0.565	-2.337	-0.490
P 值	0.117	0.562	0.027	0.572	0.019	0.624
合计	15.0 (20.0)	5.0 (5.0)	5.0 (2.5)	0.1 (0)	11.0 (10.0)	10.2 (9.0)
项目	Al ($\times 10^{-2}$)	Fe ($\times 10^{-2}$)	Mn ($\times 10^{-2}$)	Cu ($\times 10^{-2}$)	Zn ($\times 10^{-2}$)	NH ₃ -N ($\times 10^{-2}$)
水处理方式						
完全处理	0.4 (0.1)	0.5 (2.2)	0.5 (2.0)	0.5 (1.5)	0.5 (2.0)	1.0 (4.0)
部分处理	0.5 (1.7)	5.0 (2.5)	2.5 (1.0)	2.5 (4.6)	2.5 (0)	2.0 (4.0)
未处理	0.5 (1.7)	5.0 (4.0)	2.5 (1.0)	2.5 (4.6)	2.5 (0.5)	5.0 (4.0)
χ^2 值	144.988	212.915	113.029	22.729	87.674	104.394
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
水样类型						
出厂水	0.2 (0.2)	5.0 (4.0)	2.5 (1.5)	2.5 (4.5)	2.5 (0.5)	3.0 (4.0)
末梢水	0.5 (1.6)	4.0 (4.0)	2.5 (1.0)	2.5 (4.5)	2.5 (0)	3.0 (4.0)
Z 值	-0.841	-2.853	-3.019	-1.484	-0.529	-0.291
P 值	0.400	< 0.001	< 0.001	0.138	0.597	0.771
合计	0.5 (1.6)	4.0 (4.0)	2.5 (2.0)	2.5 (4.5)	2.5 (1.2)	3.0 (4.0)

Cr⁶⁺ 为主。部分处理、未处理水样中 As、Cd、Cr⁶⁺、CHCl₃ 和 CCl₄ 通过饮水途径产生的总致癌风险均等于或高于完全处理水样；末梢水中 5 种化学致癌物通过饮水途径产生的总致癌风险等于或高于出厂水。见表 4。

2.4 饮用水中非致癌化学有毒物质健康风险 非致癌化学有毒物质通过饮水途径产生的总非致癌风险为 $6.65 \times 10^{-9}/a$ 。其中，Al 的非致癌风险最高，占总非致癌风险的 71.88%。未处理水样中 12 种非致癌化学有毒物质经饮水途径产生的总非致癌风险最高，部分处理水样次之，完全处理水样最低；末梢水中 12 种非致癌化学有毒物质经饮水途径产生的总非致癌风险高于出厂水。见表 5。

表 4 不同类型水样中化学致癌物的健康风险(a⁻¹)

项目	As ($\times 10^{-7}$)	Cd ($\times 10^{-8}$)	Cr ⁶⁺ ($\times 10^{-5}$)	CHCl ₃ ($\times 10^{-9}$)	CCl ₄ ($\times 10^{-9}$)	合计 ($\times 10^{-6}$)
水处理方式						
完全处理	2.87	1.17	3.13	59.26	2.48	31.67
部分处理	28.67	58.30	3.13	5.92	2.48	34.77
未处理	28.67	58.30	3.13	1.18	4.97	34.77
水样类型						
出厂水	28.67	58.30	3.13	24.89	2.48	34.79
末梢水	28.67	58.30	3.13	54.52	2.48	34.82
合计	28.67	58.30	3.13	37.92	2.48	34.80

表 5 不同类型水样中非致癌化学物质的健康风险(a⁻¹)

项目	Pb ($\times 10^{-12}$)	Hg ($\times 10^{-11}$)	Se ($\times 10^{-12}$)	CN ⁻ ($\times 10^{-11}$)	F ⁻ ($\times 10^{-12}$)	NO ₃ ⁻ ($\times 10^{-10}$)	
水处理方式							
完全处理	1.36	6.37	3.82	1.03	6.37	2.32	
部分处理	1.36	6.37	38.23	1.03	6.79	2.84	
未处理	682.70	6.37	38.23	1.03	7.65	2.87	
水样类型							
出厂水	546.16	6.37	38.23	1.03	6.37	2.47	
末梢水	341.35	6.37	38.23	1.03	7.52	2.40	
合计	409.62	6.37	38.23	1.03	7.01	2.44	
项目	Al ($\times 10^{-9}$)	Fe ($\times 10^{-12}$)	Mn ($\times 10^{-11}$)	Cu ($\times 10^{-11}$)	Zn ($\times 10^{-12}$)	NH ₃ -N ($\times 10^{-12}$)	合计 ($\times 10^{-9}$)
水处理方式							
完全处理	3.82	6.37	1.36	4.78	6.37	3.94	4.85
部分处理	4.78	63.72	6.83	23.89	31.86	7.88	6.81
未处理	4.78	63.72	5.46	23.89	31.86	19.71	7.03
水样类型							
出厂水	1.91	63.72	6.83	23.89	31.86	11.82	3.87
末梢水	4.78	50.97	6.83	23.89	31.86	11.82	6.63
合计	4.78	50.97	6.83	23.89	31.86	11.82	6.65

2.5 总体健康风险评估 17 种化学物通过饮水途径产生的总体健康风险为 $34.81 \times 10^{-6}/a$ 。5 种化学致癌物的致癌风险占总体健康风险的 99.98%，其中 Cr⁶⁺ 的致癌风险占总体健康风险的 89.93%。不同处理方式水样中，总体健康风险由高至低分别为部分处理 ($34.78 \times 10^{-6}/a$)、未处理 ($34.77 \times 10^{-6}/a$) 和完全处理 ($31.68 \times 10^{-6}/a$)。末梢水的总体健康风险 ($34.82 \times 10^{-6}/a$) 高于出厂水 ($34.79 \times 10^{-6}/a$)。

3 讨论

金华市农村生活饮用水的总体健康风险为 $34.81 \times 10^{-6}/a$ ，低于国际辐射防护委员会推荐的最大可接受风险水平 $5.00 \times 10^{-5}/a$ （即每 10 万人口中每年因饮用水中各类污染物而受到健康损害或致癌的人数不能超过 5 人）和 USEPA 推荐的最大可接受风险水

平 $1.00 \times 10^{-4}/a$ ，高于英国皇家协会、瑞典环境保护署及荷兰建设和环境署推荐的最大可接受风险水平 $1.00 \times 10^{-6}/a$ [12-14]，说明金华市农村生活饮用水中化学物质对人体健康的危害虽处于较低水平，但仍然存在潜在的风险。

金华市农村生活饮用水中 12 种非致癌化学有毒物质的健康风险均在 $10^{-8}/a \sim 10^{-11}/a$ 之间，低于英国皇家协会所推荐的可忽略风险水平 $1.00 \times 10^{-7}/a$ [15]，说明这些非致癌化学有毒物质暂不会对人体造成明显的健康危害。金华市农村生活饮用水中 Cr⁶⁺ 的致癌风险为 $3.13 \times 10^{-5}/a$ ，占总体健康风险的 89.93%，与其他相关研究结果 [16-17] 类似，提示有关部门需重视饮用水中 Cr⁶⁺ 的污染，并采取技术手段降低饮用水中 Cr⁶⁺ 浓度，以降低致癌风险。

本研究显示，经过完全处理的饮用水产生的总体

健康风险、致癌风险和非致癌风险均比部分处理和未处理的饮用水低,说明经过完全处理后能降低饮用水中大部分化学物质的浓度,但是对降低 CN^- 、Hg 和 Cr^{6+} 的浓度无明显效果;同时由于消毒过程可能会产生 CHCl_3 这一消毒副产物^[18],完全处理的水样中 CHCl_3 所产生的致癌风险反而会升高,因此针对这一情况仍需对现有的水处理工艺进行改良。本研究中,末梢水的总体健康风险 ($34.82 \times 10^{-6}/\text{a}$) 要高于出厂水的总体健康风险 ($34.79 \times 10^{-6}/\text{a}$),这一结果与邓春拓等^[19]的研究结果相近,原因可能与管网老化,污染末梢水有关。

本研究只对农村生活饮用水中 17 种化学物质进行了风险评估,缺少微生物和其它化学物质的相关数据及风险结果^[20];同时本研究使用的 USEPA 的风险评估模型仅考虑了经饮水途径的风险,未考虑其它暴露途径,可能导致本研究得出的总体健康风险低于实际的风险,有待在以后的研究中完善。

参考文献

- [1] 陈强,吴位新,王祚懿,等.农村小型集中式供水水质的模糊数学评价[J].浙江预防医学,2016,28(6):561-564.
- [2] 钟格梅.我国农村饮用水与环境健康现状[J].公共卫生与预防医学,2018,29(4):80-82.
- [3] 符刚,曾强,赵亮,等.基于GIS的天津市饮用水水质健康风险评估[J].环境科学,2015,36(12):4553-4560.
- [4] 赵金辉,郭欣,孙庆华.环境健康风险评估在某市居民生活饮用水中的应用[J].环境卫生学杂志,2018,8(3):221-225.
- [5] United States Environmental Protection Agency. EPA/630/P-03/001F. Guidelines for carcinogen risk assessment [R]. Washington D.C.: US EPA, 2005.
- [6] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.生活饮用水卫生标准检验方法:GB/T 5750—2006 [S].北京:中国标准出版社,2007.
- [7] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.生活饮用水卫生标准:GB 5749—2006 [S].北京:中国标准出版社,2007.
- [8] EPA. P540/186060.EPA.Superfund Public Health Evaluation Manual [S]. Washington D.C.: US EPA, 1986.
- [9] United States Environmental Protection Agency. Exposure factors handbook 2011 edition final[EB/OL].(2011-10-03)[2019-05-07]. <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>.
- [10] 中华人民共和国环境保护部.中国人群暴露参数手册(成人卷)[M].北京:中国环境出版社,2013:88-760.
- [11] 金华新闻网.《2017年金华市人群健康状况报告》正式发布[EB/OL].(2018-11-14)[2019-05-07]. <http://www.jhnews.com.cn/2018/11/14/829310.shtml>.
- [12] 王恺,林在生,陈训梅,等.福建省农村生活饮用水健康风险评估[J].河南预防医学杂志,2018,29(3):161-167.
- [13] 蒋国钦,李明,陶建华,等.西小江柯桥段饮用水的健康风险评估[J].中国农村卫生事业管理,2017,37(8):930-932.
- [14] 李泓,赵震,刘茜.北京市朝阳区饮用水健康风险评估[J].中国人口·资源与环境,2016,26(5):320-322.
- [15] 廖雅芬,叶坚,古翠虹.肇庆市农村地区饮用水健康风险评估[J].现代预防医学,2018,45(6):1133-1136.
- [16] 梁晓军,施健,孙强,等.昆山市生活饮用水金属污染物的致癌性风险评估[J].江苏预防医学,2017,28(4):376-378.
- [17] 应锡钧,张润松,李明艳,等.嵊州市农村饮用水中重金属污染物潜在健康风险评估[J].中国卫生检验,2017,27(10):1490-1495.
- [18] 薛鸣,金铨,张力群,等.杭州市生活饮用水健康风险评估[J].预防医学,2019,31(1):28-32.
- [19] 邓春拓,何伦发,郭艳,等.珠三角某市生活饮用水中化学污染物健康风险评估[J].中华疾病控制杂志,2017,21(5):523-527.
- [20] 赵怡楠,罗书全,向新志,等.2015年重庆市农村集中式供水化学污染指标健康风险评估[J].实用预防医学,2018,25(7):833-837.

收稿日期:2019-05-07 修回日期:2019-06-25 本文编辑:徐文璐

(上接第1011页)

- Climacteric, 2016, 19: 313-315.
- [17] 左宏玲,邓燕,王艳芳,等.低剂量与标准剂量结合雌激素联合不同孕激素应用对围绝经期综合征患者骨密度的影响[J].中华妇产科杂志,2018,53(4):243-247.
 - [18] FILES J A, MILLER V M, CHA S S, et al. Effects of different hormone therapies on breast pain in recently postmenopausal women: findings from the Mayo Clinic KEEPS breast pain ancillary study [J]. Womens Health (Larchmt), 2014, 23(10): 801-805.
 - [19] SCHIERBECK L. Primary prevention of cardiovascular disease with hormone replacement therapy [J]. Climacteric, 2015, 18(4): 492-497.
 - [20] 纪红.围绝经期综合征患者更年期症状评分及其影响因素[J].中华老年学杂志,2013,33(1):159-160.
 - [21] 李芸,宋阳,曲凡,等.低剂量激素补充治疗对绝经后妇女生活质量的影响[J].中国医药导报,2015,12(8):70-73.
 - [22] 丁红岩,徐洪阁,高金瑜,等.激素替代治疗对宫颈鳞状细胞癌患者术后性激素及肿瘤标志物的影响[J].海南医学院学报,2016,22(23):2858-2861.

收稿日期:2019-04-16 修回日期:2019-07-28 本文编辑:徐文璐