

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2015.10.2015032502

王睿, 张磊, 刘忠慧, 等. 天津市农村饮用水水质健康风险初评[J]. 环境化学, 2015, 34(10): 1961-1963

## 天津市农村饮用水水质健康风险初评\*

王睿\*\* 张磊 刘忠慧 赵亮 冯宝佳 符刚 崔玉山

(天津市疾病预防控制中心, 天津, 300011)

**摘 要** 于 2014 年 2—4 季度分别采集天津市农村地区 10 个区县的 207 个行政村的地下水出厂水水样, 检测其砷、镉、铬(六价)、铅、汞、硒、锰、铜、锌、氟化物、硝酸盐等 11 项指标. 按照美国国家环境保护局(US EPA)推荐的方案建立水环境污染健康风险评价模型, 对饮用水中的 11 种元素通过饮水途径所引起的健康风险作出初步评价. 结果表明, 天津市农村地区饮用水中氟化物合格率最低, 为 73.8%, 不合格的指标有氟化物、硝酸盐、锰、砷、锌和铁; 砷、镉、铬等 3 种污染物所引起的个人年致癌风险水平由高至低依次为铬( $6.90 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ) > 砷( $3.02 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ) > 镉( $0.13 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ), 总风险值为  $10.05 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ . 非致癌风险中 8 种污染物的个人年健康危害风险由高到低依次为氟化物( $67.63 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 铜( $38.30 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 铅( $4.56 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 硝酸盐( $2.79 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 汞( $2.59 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 锌( $1.05 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 锰( $0.95 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ) > 硒( $0.69 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ), 总风险值为  $118.553 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ . 天津市农村饮用水中 11 种污染物对人体健康产生的潜在危害的个人年总风险水平高于国际辐射防护委员会(ICRP)的最大可接受风险水平( $5.0 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ), 主要健康风险来自于铬.

**关键词** 农村, 饮用水, 重金属, 健康风险评价.

近年, 饮用水中元素特别是重金属作为环境污染物和潜在的有毒污染物, 引起学者和公众的高度重视<sup>[1-2]</sup>. 砷、铬、镉、铅、汞和硒等有毒重金属广泛地分布在自然环境中, 其毒性与浓度水平及其在环境中的迁移、转化、富集、降解均会对暴露于污染环境的人群带来极大的健康危害. 健康风险评价(Health risk assessment, HRA)是 20 世纪 80 年代以后兴起的环境科学的新兴研究领域, 它以风险度作为评价指标, 把环境污染与人体健康联系起来, 定量描述个体在污染环境中暴露时健康受到危害的风险<sup>[3]</sup>. 健康风险评价不同于依据国家标准限值评价水质合格与否的方法, 它可以更直观地表征水体中各污染物对人体健康的潜在危害, 有利于发现水体污染物治理的优先顺序, 为水环境管理提供科学依据, 有一定的现实意义<sup>[4-5]</sup>.

本研究借鉴美国国家环境保护局(US EPA)推荐的致癌物和非致癌物所致健康风险模型, 对 2014 年天津市农村饮用水进行水质检测的基础上, 针对农村饮用水中 11 种元素通过饮水途径引起的健康风险进行初步评价.

### 1 材料与方 法

#### 1.1 水样的采集与检测

考虑地理位置、经济水平、供水范围等因素, 在天津 10 个涉农区县(DL 区、XQ 区、JN 区、BC 区、BH 区、WQ 区、BD 区、NH 县、JH 县、J 县)选择 207 家农村集中式供水水厂, 于 2014 年丰水期和枯水期采集以上监测点的出厂水水样. 水样的采集、保存和检测按照 GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》进行. 检测指标砷、镉、铬、铅、汞、硒、锰、铜、锌、氟化物、硝酸盐共 11 项指标. 水质检验结果按照 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》进行评价.

#### 1.2 质量控制

为控制采样与检测质量, 在每个区县随机抽取 10% 的样品进行平行双样测定. 在每次采样中同时采集平行样, 以保证检测的准确性. 分析过程对检测结果过高、过低的样本进行复检.

#### 1.3 健康风险评价

污染物引起的健康风险包括致癌物所致风险和非致癌物所致风险. 事实上致癌物也可致非致癌危害效应. 按照 USEPA 推荐的致癌污染物和非致癌物质饮水途径健康危害风险模型进行计算<sup>[6-7]</sup>.

#### 1.4 统计学方法

采用 Excel 2003 软件建立数据库及数据录入. 采用 SPSS 16.0 软件进行统计.

2015 年 3 月 25 日收稿.

\* 天津市卫生计生委项目(2014KY22)资助.

\*\* 通讯联系人, E-mail: wangruidd@sina.com

## 2 结果与讨论

### 2.1 农村饮用水中元素含量

天津市 10 个区县出厂水中氟化物合格率最低为 73.8%,硝酸盐氮是 97.2%,锰合格率是 98.8%,砷合格率是 99%,锌合格率是 99.8%,铁合格率是 99.9%,其余指标均全部合格。

砷浓度的中位值最高是 WQ 区,最低是 DL 区;铬浓度的中位值最高是 JH 县,最低是 DL 区、JN 区、BC 区、BD 区;镉浓度的中位值最高是 DL 区,最低是 XQ 区;铅浓度的中位值最高是 BC 区,最低是 DL 区;汞浓度的中位值最高是 WQ 区,最低是 DL 区;硒浓度的中位值最高是 NH 县,最低是 DL 区;锰浓度的中位值最高是 NH 县,最低是 BC 区;铜浓度的中位值最高是 BC 区和 JH 县,最低是 DL 区;锌浓度的中位值最高是 XQ 区,最低是 DL 区;氟化物浓度的中位值最高是 BC 区,最低是 DL 区;硝酸盐浓度的中位值最高是 J 县,最低是 DL 区。

### 2.2 水中污染物的健康风险评价

表 1 可见,致癌物通过饮水途径的致癌物健康风险介于  $3.67 \times 10^{-5}$ — $40.08 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ,均值为  $10.05 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ .金属致癌物通过饮水途径的健康风险从大到小依次为铬>砷>镉,其中铬通过饮水途径所引起的健康危害高于国际辐射防护委员会(ICRP)推荐的最大可接受值( $5.0 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ,即每年每千万人口中因饮用水中各类污染物而受到健康危害或死亡的人数不能超过 500 人).砷、铬、镉等致癌污染物通过饮水途径所致个人年总致癌风险超过 ICRP 推荐的最大可接受水平的区县有 6 个,其中主要由铬引起的致癌风险水平较高( $6.90 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ),占总风险度( $10.05 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ )的 68.66%,说明铬是该市农村饮用水中致癌污染物产生健康危害的主要污染物。

非致癌物通过饮水途径的总健康风险介于  $24.33 \times 10^{-10}$ — $288.27 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ,均值为  $118.55 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ .非致癌物通过饮水途径对人体健康危害的个人年风险水平由高至低依次为氟化物>铜>铅>硝酸盐>汞>锌>锰>硒.非致癌物质通过饮水途径所致个人年总致癌风险均远低于 ICRP 推荐的最大可接受水平,表明该市农村饮用水中铅、汞、氟化物、硝酸盐、锰、铁、硒、铜、锌所引起的非致癌健康风险甚微,不会对居民构成明显危害.在所研究的污染物中,总的健康风险  $10.05 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ,其中致癌物健康风险为  $10.05 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ,非致癌物健康风险为  $118.55 \times 10^{-10} \cdot a^{-1}$ ,后者仅占总体风险的万分之 1.17,致癌物中铬对人体健康风险为  $6.90 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ,占总风险的 68.66%,砷和镉各占 30.05%和 1.23%,表明铬是主要的健康风险因素,应为优先控制污染物.本研究采用的健康风险度评价存在不确定性,如暴露途径仅考虑了饮水摄入,没有考虑其他暴露途径(如食物摄入、吸入和皮肤接触)<sup>[8]</sup>,评价过程中会涉及到难以确切测定而需要估算的参数等.另外,由于本次调查还有许多其他有害物质未监测,也未考虑各种毒物对人体健康危害的累积效应等不确定因素<sup>[9-10]</sup>,因此本研究对天津市农村饮用水的健康风险评价的研究尚待深入。

表 1 天津市农村饮用水中 11 中元素饮水途径健康危害的风险评价

监测点	致癌物健康 危害风险( $\times 10^{-5}$ )/ $a^{-1}$				非致癌物健康 危害风险( $\times 10^{-10}$ )/ $a^{-1}$									合计 ( $\times 10^{-10}$ )/ $a^{-1}$
	砷	铬	镉	合计	铅	汞	硒	锰	铜	锌	氟化物	硝酸盐	合计	
DL 区	0.01	3.35	0.31	3.67	1.46	0.14	0.02	0.22	7.82	0.09	14.57	0.01	24.33	3.67
XQ 区	0.46	6.71	0.06	7.23	3.64	0.82	0.16	0.73	20.41	2.15	33.08	2.34	63.33	7.23
JN 区	0.61	3.35	0.09	4.05	3.79	4.08	0.16	0.58	8.16	0.14	12.95	0.47	30.33	4.05
BC 区	1.79	3.35	0.03	5.17	8.78	1.36	0.16	0.09	81.63	0.41	195.17	0.67	288.27	5.17
BH 区	3.62	3.87	0.22	7.71	5.39	2.59	0.74	1.65	52.43	0.35	90.69	0.75	154.59	7.71
WQ 区	14.10	3.85	0.08	18.03	3.85	5.17	0.41	0.33	40.82	4.15	122.38	0.97	178.08	18.03
BD 区	2.19	3.35	0.08	5.62	6.01	2.72	0.16	1.70	8.87	1.12	74.82	1.49	96.89	5.62
NH 县	0.31	3.94	0.14	4.39	6.88	3.54	4.08	1.79	40.38	0.33	73.94	0.30	131.24	4.39
JH 县	6.14	33.86	0.08	40.08	2.92	1.36	0.16	0.87	81.63	0.41	19.59	0.15	107.09	40.08
J 县	0.94	3.37	0.25	4.56	2.92	4.08	0.82	1.57	40.82	1.31	39.09	20.78	111.39	4.56
均值	3.02	6.90	0.13	10.05	4.56	2.59	0.69	0.95	38.30	1.05	67.63	2.79	118.55	10.05

## 3 结论

天津市农村饮用水中 11 种污染物对人体健康产生的潜在危害的个人年总风险水平高于国际辐射防护委员会(ICRP)的最大可接受风险水平( $5.0 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ),主要健康风险来自于铬.金属致癌物通过饮水途径的健康风险从大到小依次为铬>砷>镉,其中铬通过饮水途径所引起的健康危害高于国际辐射防护委员会(ICRP)推荐的最大可接受值( $5.0 \times 10^{-5} \cdot a^{-1}$ ).8 种非致癌物通过饮水途径对人体健康危害的个人年风险水平由高至低依次氟化物>铜>铅>硝酸盐>汞>锌>锰>硒.非致癌物质通过饮水途径所致个人年总致癌风险均远低于 ICRP 推荐的最大可接受水平,表明该市农村饮用水中铅、汞、氟化物、硝酸盐、锰、铁、硒、铜、锌所引起的非致癌健康风险甚微,不会对居民构成明显危害.由于本次调查未考虑

各种毒物对人体健康危害的累积效应等不确定因素,因此本研究对天津市农村饮用水的健康风险评价的研究尚待深入.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Wongsasuluk P, Chotpantarat S, Siriwong S, et al. Heavy metal contamination and human health risk assessment in drinking water from shallow groundwater wells in an agricultural area in Ubon Ratchathani province, Thailand[J]. Environ Geochem Health, 2014, 36(1): 169-182
- [ 2 ] Sorlini S, Gialdini F, Collvignarelli C. Metal leaching in drinking water domestic distribution system; an Italian case study[J]. Int J Environ Health Res, 2014, 24(6): 497-514
- [ 3 ] US EPA. EPA/630/P-03/001F. Guidelines for carcinogen risk assessment[R]. Washington DC: US EPA, 2005
- [ 4 ] 邹滨, 曾永年, BENJAMIN F Z, 等. 城市水环境健康风险评价[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(2): 94-95
- [ 5 ] Getaneh Z, Mekonen S, Ambelu A. Exposure and health risk assessment of lead in communities of Jimma town, southwestern Ethiopia[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2014, 93(2): 245-250
- [ 6 ] US EPA. Exposure factors handbook; 2011 Edition[S]. EPA/600/R-09/052F, Washington DC, 2011
- [ 7 ] US EPA. Drinking water standards and health advisories[S]. EPA/822/R-09/011, Washington DC, 2009
- [ 8 ] US EPA. EPA 601/5289-2001. Supplement risk assessment Part 1: guddance for public health risk assessment [ R ]. Washington DC: USEPA, 2005
- [ 9 ] 于云江, 向明灯, 孙朋. 健康风险评价中的不确定性[J]. 环境与健康杂志, 2011, 8(9): 835-837
- [ 10 ] 杨彦, 陆晓松, 李定龙. 我国环境健康风险评价研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2014, 31(4): 357-362