

Investigation and analysis of drinking water and health risk assessment

Jing Zhang

Hebei Pu Nepal Test Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the rapid development of economy, the intensification of chemical pollution, water resources are increasingly tense, pure water is playing an increasingly important role in People's Daily life. It is of great significance to test and evaluate the quality of pure drinking water to ensure the safety of public drinking water. Through the sampling and testing of 7 samples from 5 pure water manufacturers, the results show that the qualified rate of pure water is low. Based on the current sanitary standards, we used to analyze and evaluate the test results, and the method of health risk evaluation was also applied to the sanitary quality evaluation of pure water. According to the corresponding mathematical model, the annual risk of some chemical carcinogens and non-carcinogens in pure water was calculated respectively through the drinking route.

Keywords

drinking pure water; water quality survey; health standard; health risk assessment

饮用纯净水水质调查分析及健康风险评价

张静

河北谱尼测试科技有限公司，中国·河北 石家庄 050000

摘要

随着经济迅速发展，化学污染加剧，水资源日趋紧张，纯净水在人们的日常生活中扮演着越来越重要的角色。对饮用纯净水水质进行检测和评价对于保证民众饮水安全具有重要意义。通过对5家纯净水生产厂家的7份样品进行抽样检测，结果显示，纯净水的合格率偏低。以现行卫生标准为依据对检测结果进行分析评价，并将健康风险评价的方法应用于纯净水的卫生质量评价中，根据相应的数学模型分别计算了纯净水中一些化学致癌物和非致癌物通过饮用途径对人体健康的年风险。

关键词

饮用纯净水；水质调查；卫生标准；健康风险评价

1 研究背景及纯净水对人体健康的影响

人体疾病 80% 与水有关^[1]。垃圾、污水、农药、石油类等废弃物中的有毒物质很容易进入水体进而进入食物链系统。直接饮用受污染的水，将使人群中出现类似流行性疾病的势头，严重影响到人民正常生活与生产。

水体中的污染物按性质可以分为生物性、物理性和化学性污染物。其中，生物性污染物主要指各种病原微生物，将导致介水传染病的传播和流行。如伤寒、细菌性痢疾、病毒性肝炎等。严格的水源卫生管理和常规的饮水消毒处理基本能保障饮用水水质的微生物安全。物理性污染物主要指各种放射性物质，将诱发人体细胞发生癌变、基因突变和先天性畸形。但是一般水体尤其是作为水源地的水体，放射性污染程度很轻，一般检测不出。化学性污染物主要指随污染进

入水体的无机和有机化学物质。可以引起人体急、慢性中毒和致癌、致畸等远期危害。如甲基汞引起的水俣病和镉污染引起的痛痛病 均为闻名世界的公害病。现今饮水水质安全的威胁主要来自化学性污染，而目前常规的饮用水处理工艺对绝大部分化学性污染物还无能为力。

基于此，制定严格的饮用水卫生标准，开展饮用水水质的常规检测及健康风险评价是关系国计民生的大事。

1.1 纯净水对人体健康的影响

饮用纯净水是指以符合生活饮用水卫生标准的水为原料，通过电渗析法、离子交换法、反渗透法、蒸馏法及其它适当的加工方法制得的且不含任何添加物、可以直接饮用的水。

专家们公认，纯净水的最大优点是最大限度地去除了原水中的细菌、病毒、重金属，特别是有机污染物，这是常规自来水处理工艺所达不到的。有专家研究认为，自来水中若残留有机污染物，经氯气消毒后能生成三氯甲烷、四氯化碳等可能对健康构成威胁的副产物，而喝纯净水可避免这一

【作者简介】张静（1986—），女，中国河北石家庄人，本科，从事环境保护工程研究。

隐患。但纯净水对人体健康的影响较为复杂。世界卫生组织提出，健康饮用水必须符合6个条件，即：不含有害物质、含有适量的矿物质、硬度适中、含氧丰富、水分子团小、pH值为弱碱性。相比之下，纯净水基本上不含矿物质，硬度接近于0，含氧量极少（蒸馏水为0），水分子团大（半幅宽>100Hz），pH值6.0左右，为弱酸性，水的营养生理功能差。

尽管如此，瓶（桶）装饮用纯净水（以下简称瓶装水）已成为我国广大城乡居民的一种主要饮水形式，对于降低饮用水中各种化学、毒性污染物，提高饮水水质，缓解水质污染对人体的危害起到了积极的作用。然而全国许多城市对瓶装水微生物的抽查结果菌落数和大肠菌群合格率不高，一般合格率徘徊在30~60%之间，而且难以保证微生物指标合格率稳定。瓶装水微生物污染问题已成为我国食品安全十分突出的问题^[2]。因此开展对纯净水水质状况的调查并对其进行健康风险评价具有重要的指导意义。

1.2 健康风险评价的发展概况

健康风险评价是描述人类暴露于环境危害因素之后，出现不良健康效应的特征。它包括：以毒理学、流行病学、环境测定和临床资料为基础决定潜在的不良健康效应的性质；在特定暴露条件下对不良健康效应的类型和严重程度作出估计和外推；对不同暴露强度和时间条件下受影响的人群数量和特征给出判断；对所存在的公共卫生问题进行综合分析。现今广泛应用的风险评价模式是由美国科学院国家研究委员会研创出来的，它由四部分组成，即危害鉴定、暴露评价、剂量—效应评价和风险表征^[3]。

2 水质调查及评价

通过对5家纯净水生产企业4月份抽样一次。采用简单随机抽样，抽取7份样品，每次测定取三个平行。依据GB 19298-2014《食品安全国家标准 包装饮用水》进行检测和评价。凡有1项及1项以上指标不符合标准，即判定该样品为不合格产品。

检测结果显示，来自5个厂家的7份纯净水样品中符合卫生标准GB 19298-2014（指检测中所有项目都合格）的只有2份，合格率仅为28.6%，足见市售纯净水卫生状况令人担忧。其中，耗氧量的合格率为71.4%（5/7）；菌落总数的合格率为85.7%（6/7）；余氯的合格率为71.4%（5/7）。色度、浊度、臭和味、肉眼可见物合格率均为100%。

企业在纯净水生产过程中，首先要了解源水的水质情况，合理设置制水系统运行参数。严格控制容易出现问题的环节，定期保养生产设备，是其产品质量保证的基础。企业加强自身管理，建立健全卫生质量管理体系，选用优质设备，提高人员素质，是改善纯净水卫生质量的根本保证。

同时卫生监督部门应加大监督力度，提高监测频次，加强技术指导，并定期向社会公布监测结果，进一步规范纯

净水市场，促进优胜劣汰，确保消费者饮水卫生。

3 健康风险评价

3.1 水环境健康风险评价

健康风险评价主要用于研究各种气、液态流出物对人体健康危害的影响，而对于水环境污染造成对人体健康危害的风险研究较少。在我国，水污染现象比较严重，国内外曾发生因水源污染引起的一些灾害性事故都说明了加强水环境健康风险评价的研究是非常必要的^[4]。

3.1.1 水环境健康风险评价理论概述

水环境健康风险评价主要是针对水环境中对人体有害的物质，这种物质一般可分为两类：基因毒物质和躯体毒物质。前者包括放射性污染物和化学致癌物，后者则指非致癌物。根据污染物对人体产生的危害效应，以及人类几十年来对有害物质即基因毒物质和躯体毒物质的大量研究结果，可建立起不同类型污染物（饮用途径）对人体健康危害影响的风险评价模型。本文采用暴露剂量—反应外推法来计算人群的健康风险评价和个人最大超额危险评价模型来表征及评价风险^[5]。

3.1.2 水环境健康风险评价的数学模型

①放射性物质所致健康危害的风险模型。

放射性物质所致的健康风险可由下式计算：

$$\begin{aligned} R^r &= \sum_{i=1}^j R_{ig}^r \\ R_{ig}^r &= 1.25 \times 10^{-2} D_{ig} \\ D_{ig} &= \Delta C_i(x) \mu_a^a g_g^a \end{aligned} \quad (3-1)$$

式中 R_{ig}^r ——核素i（共j种核素）通过食入途径对个人平均产生的健康危害的年风险；

D_{ig} ——核素通过食入途径对个人产生的平均有效剂量当量；

1.25×10^{-2} ——人群中辐射诱发的癌症死亡概率；

μ_a^a ——a年龄组个体的饮用水摄入量；

g_g^a ——a年龄组食入途径剂量转化因子；

$\Delta C_i(x)$ ——年均浓度增量。

②化学致癌物所致健康危害的风险模型。

化学致癌物所致的健康风险可由下式计算：

$$\begin{aligned} R^c &= \sum_{i=1}^k R_{ig}^c \\ R_{ig}^c &= [1 - \exp(-D_{ig} q_{ig})] / 70 \end{aligned} \quad (3-2)$$

式中 R_{ig}^c ——化学致癌物i（共k种化学致癌物质）经食入途径产生的平均个人致癌年风险；

D_{ig} ——化学致癌物i经食入途径的单位体重日均暴露剂量，mg/kg·d；

q_{ig} ——化学致癌物i的食入途径致癌强度系数，mg/kg·d；

70——人类平均寿命。

饮水途径的单位体重日均暴露剂量 D_{ig} 可按下式计算:

$$D_{ig} = 2.2 \times \Delta C_i(x) / 60$$

式中 2.2——成人每日平均饮水量;

$\Delta C_i(x)$ ——年均浓度增量;

60——人均体重。

③非致癌污染物所致健康危害的风险模型。

$$\begin{aligned} R^n &= \sum_{i=1}^l R_{ig}^n \\ R_{ig}^n &= \left(D_{ig} \times 10^{-6} \right) / \left(Rf D_{ig} \right) / 70 \end{aligned} \quad (3-3)$$

式中 R_{ig}^n ——非致癌污染物(共1种非致癌物质)经食入途径所致健康危害的个人平均年危险;

D_{ig} ——非致癌污染物*i*经食入途径的单位体重日均暴露剂量, mg/kg·d;

$Rf D_{ig}$ ——非致癌污染物*i*的食入途径参考剂量, mg/kg·d;

70——人类平均寿命。

假定各有毒物质对人体健康的毒性作用呈相加关系,而不是协同或拮抗关系,则饮用水总的健康危害风险 $R_{总}$ 为:

$$R_{总} = R^r + R^c + R^n \quad (3-4)$$

3.1.3 模型应用

根据健康风险评价模型、评价参数和前文的水质监测数据,可以计算通过饮水途径,化学致癌物质和非致癌物质造成的平均个人年风险。(为方便计算,假设本次所得数据为2009年的年平均值,并且纯净水为目标人群的唯一饮水类型)。将计算结果编制成表,如表3-3所示。

表3-3 化学致癌物质及非致癌物质饮用途径健康危害风险
(个人年风险)

项目	类别	来源	风险值
氟化物	非致癌	样品1	8.35×10^{-9}
砷	致癌	样品3	6.52×10^{-6}
硝酸盐	非致癌	样品4	5.0×10^{-9}
硒	非致癌	样品4	9.52×10^{-10}
砷	致癌	样品4	6.34×10^{-9}
铅	非致癌	样品5	1.49×10^{-10}
砷	致癌	样品5	6.51×10^{-6}

3.1.4 结论

①化学致癌物对人体健康危害最大,应管理控制指标,并控制其排放量。

②非致癌物对人群健康虽危害较小,但应引起重视,防止污染升级。

③未监测到放射性物质,也未考虑饮水途径以外的污染途径对健康危害的风险,因此本文评价的健康风险比实际环境污染危害的风险小。

3.2 本章小结

虽然抽查的纯净水样品中砷的浓度符合现行饮用水卫生标准,但对样品5和样品3中的砷使用相应的健康风险评价模型进行模拟计算的结果表明,其风险值已超过瑞典环境保护署、荷兰建设和环境署推荐的最大可接受水平 $1.0 \times 10^{-6}/a$,即长期饮用含该浓度砷的纯净水存在一定风险。

这再次说明目前主要基于水质标准开展饮用水的水质安全评价管理工作并不能直接反映水质与人体健康之间的关系,而健康风险评价在这方面优势是很明显的,它可以定量描述环境污染对公众健康的危害,并可得出环境污染的主次,为饮用水水质管理和决策提供更科学的依据。

4 结论

水是生命之源,但水污染问题一直令人担忧。纯净水的出现是有一定的背景的,日益严重的水污染和人们对自来水的二次污染问题的担心,都极大地催生了纯净水的市场。水中的重金属、三卤甲烷、有机物、放射性物质微生物等有毒、有害、有异味物质大部分能去掉,消除这些污染物质对人体健康的直接和潜在危害,这是纯净水的“利”与“功”所在。但是,由于大桶装水(5加仑)的出现,纯净水从饮料水转为饮用水,许多人开始长期大量饮用,而从纯净水的生产工艺技术上讲,纯净水在把全部有害物质掉的同时,也把对人体有益的物质去掉了。因此,进一步研究纯净水对人体的健康问题就更现实、更必要。

由此提出以下建议:(1)无机物及矿物质含量适度的无污染天然水应为人类饮水的最佳选择。应该大力加强水资源的保护,以减少饮水深度处理带来的经济与健康的双重损失。(2)生长期儿童、孕妇、高强度体力活动人群(如战士、运动员等)、肥胖、心血管疾患患者、免疫功能低下者不宜长期饮用纯净水。(3)农村、野外等水源水质良好地区,无特殊毒物或有机物严重污染,仅从微生物安全考虑,可利用净水器过滤或煮沸处理,没有必要长期饮用价格昂贵的纯净水。(4)加快饮水依赖元素的相关研究,加快制定适合我国国情的、建立在科学研究基础上的纯净水矿化标准。

参考文献

- [1] 文国,武勇.我国生活饮用水卫生标准严重滞后[M].世界标准信息: 117-118
- [2] 韩铁军,朱焰,熊燕等.纯净水臭氧消毒应用和卫生标准的探讨[J].公共卫生与预防医学,2006,17(4):106-107
- [3] 陈敏健,陈炼钢,丰华丽.基于健康风险评价的饮用水水质安全管理[J].中国水利,2007, 7: 12-15
- [4] 曾光明,卓利,钟政林,张盼月,李新民.水环境健康风险评价模型及其应用[J].水电能源科学,1997, 15 (4) : 28-33
- [5] 何振宇,方祥玉,周培疆.桶装纯净水中三种有害元素对人体的健康风险评价[J].氨基酸和生物资源,2004, 26 (4) : 68-70