

地下水系统健康风险评价研究

刘芹芹

(中国地质科学院,北京 100037)

摘要:我国的水环境健康评价是近年来兴起的,还未形成一套具有中国特色的评价体系。将健康风险评价定义引入地下水健康风险评价,同时根据国内外地下水健康风险评价进展情况,总结了其评价模型,详细介绍了最被国内外认可的风险评价方法,包括:危害判定、剂量反应评估、暴露量评估和风险评价。同时针对我国地下水风险研究存在简单的数学叠加风险、模型参数简单套用国外资料以及现有模型未能对地下水的健康风险进行预测等不足提出了改进建议。

关键词:健康风险;评价模型;地下水系统;水环境

中图分类号: TV211.12 **文献标志码:** A

健康风险评价是以风险度为评价指标,将环境污染与人体健康联系起来,定量描述污染对人体健康产生危害风险的一种方法^[1]。通过对有毒有害物质危害人体健康程度进行概率估计,提出减小风险的方案 and 对策^[2],旨在评估特定剂量的化学或物理因子对人体、动植物或生态系统造成损害的可能性及其程度。地下水系统健康风险评价将地下水中污染物与人体健康效应联系在一起,综合考虑了水中低浓度污染物对人体健康的长期作用,从本质上定量地评价饮用水水质对人体健康的影响^[3]。随着水污染日益严重,水环境的健康风险评价引起人们的重视,由于地下水是重要的饮用水源,评价地下水污染对人体健康影响至关重要。

1 地下水系统健康风险研究进展

1.1 国外研究进展

美国科学院(NAS)在 1983 年《联邦政府的风险评价:管理程序》对公众健康风险评价给出了定义,“风险评价是描述人类暴露于环境危害因素之后,即出现不良健康效应的特征”^[4]。美国环保局于 1989 年在《优先资助场地健康评价手册》中也提出了类似的 4 个步骤:数据收集和评估、毒性评估、暴露评

估、风险表征^[5],并先后制定了一系列风险评价指南、导则、手册等技术文件,如《致癌风险评价指南》、《致畸风险评价指南》、《化学混合物的健康风险评价指南》、《超级基金健康风险评价手册》等。20 世纪 90 年代后,由于生态风险评价、健康-生态综合风险评价的出现,美国对出台的一系列健康风险评价技术应用与指南进行修订和补充,同时在加拿大^[6-7]、荷兰、澳大利亚、日本等国开展了环境风险评价研究工作,并构建了适合各国实际的健康污染场地风险评价。近年来, Sukru Aslan 和 Aysen Turkman 对土耳其伊兹密尔市的两座水处理厂进行了风险评价,虽然结果中的 CHBr_3 通过饮水途径进入体内的含量低于美国国家环境保护局(EPA)标准,但是通过饮水、皮肤和吸入途径的总量高于 EPA 规定的风险值^[8]; B. K. Rana、R. M. Tripathi 等对印度含铀矿区地下水中的天然铀和²²⁶Ra 进行了评价,结果表明,婴儿和青少年通过饮用地下水摄入的天然铀和²²⁶Ra 含量高于儿童和成年人,进而表明地下水对婴儿和青少年的风险度更高^[9]; A. T. Batayneh 分别对约旦北部耶尔穆克盆地大泉中的 Al、Be、B、Cr、Zn 进行地下水健康风险评价后发现,在丰水期重金属的富集程度比枯水期高,表明丰水期地下水健康风险度高于枯水期^[10]。国外对地下水健康风险

收稿日期:2013-01-16

项目基金:中西部地区地下水污染调查评价(水[2012]02-069-004)

作者简介:刘芹芹,女,硕士研究生,主要从事地下水污染与防治方面的研究。E-mail:liuqq2008@163.com

物的浓度,mg/m; IRW_0 为饮水量,L/d; EF 为暴露频率,d/a; ED 为暴露持续时间,a; BW 为体重,kg; AT 为暴露发生的平均时间,d; IR_{inh} 为呼吸速率, m^3/d ; SA 为身体表面积, cm^2 ; EV 为日常清洗、淋浴次数; DA_{event} 为每次暴露剂量,mg/ cm^2 。

2.4 风险评估

风险评估是指利用危害判定、剂量反应评估和暴露评估 3 个阶段所获得的数据,评估不同条件下,可能产生的健康危害强度或某种健康效应发生概率的过程。风险评估主要包括:① 对有害因子的风险大小作出定量评估与表达;② 对评定结果的解释和对评价过程的讨论,尤其是对前面 3 个阶段中不确定因素作出评估。风险评价中的不确定性主要分为:参数、模型、评价方案完整性程度 3 类^[23]。

2.4.1 非致癌健康风险评估

一般认为生物体对非致癌物质的反应有剂量阈值,低于阈值就不会对健康产生影响。非致癌性污染物进入人体后其风险指数计算为

$$HI_0 = \frac{Intake_{oral}}{RfD_0} \quad (4)$$

$$HI_1 = \frac{Intake_{wash}}{RfD_1} \quad (5)$$

$$HI_2 = \frac{Intake_{dermal}}{RfD_2} \quad (6)$$

式中, HI_0 、 HI_1 、 HI_2 为通过饮水、皮肤接触和呼吸途径的非致癌风险指数; $Intake$ 为污染物的日平均暴露剂量或浓度,mg/(kg·d); RfD_0 、 RfD_1 、 RfD_2 为某一特定非致癌物的吸入吸收的参考剂量,即参考 EPA 给出的参考剂量。

地下水同时存在多种致癌污染物时,假设各种有毒物质对人体健康危害的毒性作用为相加关系,则非致癌总风险等于各非致癌污染组分风险的叠加,计算公式为

$$HI_T = \sum HI_i \quad (7)$$

式中, HI_T 为单暴露途径多物质累积非致癌危害指数,其数值大小表示风险的大小; HI_i 为表示污染物 i 的非致癌危害指数。

2.4.2 致癌健康风险评估

对于致癌物质一般认为没有阈值,即使是微量也将对人体产生不利影响。但事实上致癌污染物同样有非致癌危害效应^[24]。其风险模型为

低剂量暴露 ($R < 0.01$):

$$R_{低} = Intake \times SF \quad (8)$$

高剂量暴露 ($R > 0.01$):

$$R_{高} = \frac{1 - \exp(-Intake \times SF)}{70} \quad (9)$$

式中, R 为致癌性污染物所致健康危害的个人平均年风险, a^{-1} ; $Intake$ 为污染物的日平均暴露剂量或浓度,mg/(kg·d); SF 为污染物的致癌斜率因子,kg·d/mg。

总致癌健康风险为地下水中各污染组分致癌风险之和,计算公式为

$$(Risk)_T = \sum (Risk)_i \quad (10)$$

3 地下水系统健康风险评估的建议

尽管目前地下水系统健康风险评估取得一定突破,但仍存在许多不足之处:① 很多研究仅针对单因子进行评价,而地下水中往往有多种污染物共存的现象,需考虑多种污染物风险的综合影响,现阶段风险综合分析过程仅为单项风险值简单叠加,未充分考虑是否有拮抗或协同作用,其综合过程需通过实验手段加以分析。② 在地下水系统健康风险评估中,所使用的模型参数主要为欧美国家已有的参数。目前国内虽有学者考虑国人饮用沸水习惯,加入了污染物煮沸后残留率项,但残留率的取值依旧参考国外资料。为适应我国的人体特征和生活习惯,需通过实验验证修正参数的可信度。③ 地下水系统健康风险评估仅针对现状,尚未对未来风险加以预测。若将地下水健康风险评估与预测结合起来对人体健康评估,对于应急管理重点防治方面可起到关键作用,做到重点防范,在危机发生时能及时有效地处理水污染突发事件。④ 我国目前尚未能出台有关地下水系统健康风险评估的相关技术性文件,其评价的侧重点莫衷一是,建议编制导则加以规范;同时充分发挥政府职能作用,完善地下水系统健康风险评估的法律法规,加快建立我国地下水污染监测网和化学物质毒理数据库,为开展地下水系统健康风险评估提供基础数据。

参考文献:

- [1] 耿婷婷,张敬,蔡五田. 浅谈健康风险评估中的问题及建议[J]. 安全与环境工程,2012,19(1):48-50.
- [2] 梁庆香. 健康风险评估国内外研究进展[J]. 柳州医学,2011,24(3):144-148.
- [3] 李燕,孙亚军,刘勇,等. 基于 RAIS 地下水源地健康风险评估[J]. 人民黄河,2011,33(5):48-50.
- [4] 郭仲伟. 风险分析与决策[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [5] SEPA. Risk assessment guidance for superfund volume I human health evaluation manual (PartA) [R]. EPA/540/189/002, Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response U. S. EPA, 1989.

定值均满足设计的强度要求,构筑物外观尺寸、清淤断面、路面高程等检测项目均满足《江苏省水利工程施工质量检验评定标准》所规定的合格要求。下陈灌溉站等泵站工程施工质量达到优良等级。

5 结语

农田水利重点片区建设项目,普遍存在单体工程较小、施工条件差、交通不便、材料运输难等问题,施工期间还要兼顾农业生产、农业灌排水。施工人员素质、施工水平和技能良莠不一,对工程整体质量影响较大。监理单位代表项目法人进行现场质量管理,要提升自

身的业务水平,从进场原材料和每一道工序抓起,自始至终不降低施工质量标准,才能保证整个工程保质保量地圆满完成。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部.SL288-2003 水利建设工程项目施工监理规范[S].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [2] 中华人民共和国水利部.SL176-2007 水利水电工程施工质量检验与评定规程[S].北京:中国水利水电出版社,2007.
- [3] 中华人民共和国水利部.SL223-2008 水利水电建设工程验收规程[S].北京:中国水利水电出版社,2008.

(编辑:邓玲)

(上接第134页)

- [6] David J. Cushman, Keith S. Driver, and Stephen D. Ball. Risk assessment for environmental contamination: an overview of the fundamentals and application of risk assessment at contaminated sites[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2001, 28: 155-162.
- [7] Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canada-wide standards for petroleum hydrocarbons in soil[EB/OL]. http://www.ccme.ca, 2001: 1-8.
- [8] Sukru Aslan, Aysen Tukman. Cancer risk assessment in drinking water of Izmir, Turkey[J]. A Challenge for the Future, 2007: 381-389.
- [9] B. K. Rana, R. M. Tripathi et al. Assessment of natural uranium and ²²⁶Ra concentration in groundwater around the uranium mine at Narwapahar, Jharkhand, India and its radiological significance[J]. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2010, (285): 711-717.
- [10] A. T. Batayneh. Toxic (aluminum, beryllium, boron, chromium and zinc) in groundwater: Health Risk Assessment[J]. Int. J. Environ. Sci. Technol. 2012, (9): 153-162.
- [11] 胡二邦. 环境风险评价实用技术和方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [12] 张晶, 赵海生, 张松柏, 等. 长治市某县乡镇集中式饮用水源水质健康风险评价[J]. 环境科学与管理, 2011, 36(7): 178-180.
- [13] 宋宁生, 郭防. 广西某县部分农村居民饮用地下水水质健康风险评价[J]. 职业与健康, 2012, 28(6): 644-646.
- [14] 王铁军, 查学芳, 熊威娜, 等. 贵州遵义高坪水源地岩溶地下水重金属污染健康风险初步评价[J]. 环境科学研究, 2008, 21(1): 46-50.
- [15] 曾光明, 钟正林, 曾北危. 环境风险评价中的不确定性问题[J]. 中国环境科学, 1998, 18(10): 53-56.
- [16] 韩冰, 何江涛, 陈鸿汉, 等. 地下水有机污染人体健康风险评价初探[J]. 地学前缘, 2006, 13(1): 224-228.
- [17] 黄磊, 李鹏程, 刘白薇. 长江三角洲地区地下水污染健康风险评价[J]. 安全与环境工程, 2008, 15(2): 26-29.
- [18] 费宇红, 张兆吉. 滹沱河平原地下水有机污染健康风险评价[J]. 上海地质, 2010, (2): 13-18.
- [19] 段磊, 王文科, 孙亚乔, 等. 关中盆地浅层地下水氮污染的健康风险评价[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(3): 92-97.
- [20] 毛小琴, 刘阳生. 国内外环境风险评价研究进展[J]. 应用基础与工程科学学报, 2003, 11(3): 266-273.
- [21] 李正红, 毕二平, 张胜, 等. 地下水污染健康风险评价方法[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(6): 47-51.
- [22] 陈鸿汉, 湛宏伟, 何江涛, 等. 污染场地健康风险评价的理论方法[J]. 地学前缘, 2006, 13(1): 216-222.
- [23] 王铁军. 贵阳市浅层地下水污染健康风险初步评价[D]. 贵阳: 贵州大学, 2008.
- [24] 孙东, 王玉才, 谢春梅. 垃圾焚烧烟气中污染物对人体健康风险评价[J]. 环境卫生工程, 2004, 12(3): 144-147.

(编辑:常汉生)

