

南水北调东线工程通水后沿线湖泊水质评价

胡尊芳

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘要: 为了解南水北调东线工程通水后沿线湖泊水质状况, 于2015年6月(枯水期)采集了东平湖4个地表水样品和7个地下水样品, 测定了其中As、Cd、Cr、Cu、F、Hg、Mn和Pb等8种元素的含量, 采用综合污染指数法、综合水质评分法和健康风险评价模型评价了水环境质量和健康风险。结果表明, 地表水中重金属浓度多数满足地表水环境质量标准Ⅰ类, 其中Hg污染相对较重; 地下水中重金属浓度多数满足地下水质量标准Ⅲ类及以上, 其中F和Mn污染相对较重。4个地表水采样点综合污染指数均小于1, 表明其水质优良; 地下水中3个采样点的综合水质评分小于2.5, 水质良好, 4个采样点的综合水质评分大于4.25, 水质较差。地表水的平均健康风险为 $9.18 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$, 地下水的平均健康风险为 $8.16 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$, 均为Ⅲ级中风险。

关键词: 南水北调; 东平湖; 重金属; 综合污染指数; 综合水质评分

中图分类号: X524

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2017)02-0001-07

1 引言

重金属难以被生物降解, 且会通过生物累积效应危害人类健康^[1], 因而重金属污染成为全球研究的热点问题。东平湖是山东省第2大淡水湖泊, 也是黄河下游重要的防洪工程, 又是南水北调东线工程重要的调蓄水库, 担负着黄河下游地区和山东省西水东调水资源调蓄调配工程的重要功能, 具有重要的地位。2013年10月19日, 南水北调东线工程试通水至东平湖, 其重金属污染水平影响着水环境质量, 进而影响受水区域人民群众的用水健康问题, 因此在南水北调东线工程通水后对东平湖水环境进行评价具有重要意义。一方面可以了解东平湖的水环境现状, 为东平湖的环境保护提供依据; 另一方面可以为南水北调东线工程的运行管理提供数据支持。

目前已有一些相关研究对东平湖的水环境

情况进行过评价。刘红彩于2006~2010年对东平湖水环境状况与影响因素进行了研究, 结果表明东平湖水体矿化度逐年增加, 富营养状态介于中营养和轻度富营养之间, 主要污染物为氮和磷^[2]。张菊等于2010年12月对东平湖的汞、砷浓度进行了测定, 并评价了东平湖的健康风险, 结果表明砷通过饮水途径产生的致癌风险平均值较高, 为 $2.18 \times 10^{-6} \text{ a}^{-1}$; 而非致癌物质汞、氨氮、硝态氮的健康风险等级较低, 为 $10^{-12} \sim 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ 的水平^[3]。谢杨杨于2012年4月到11月对东平湖进行了采样并对东平湖的水质进行了评价, 结果表明东平湖水质状况良好, 所测理化指标大多显示东平湖水质为Ⅰ~Ⅲ类^[4]。王海文等于2012年7月对东平湖的富营养状况进行了评价, 结果表明东平湖局部已经处于极富营养化状态^[5]。通过对文献的检索可以发现, 近年来东平湖的环境受到了一定的破坏, 表现在富营养化状态的恶化。针对东平湖地表水环境健康风险的全面评价相对较

收稿日期: 2015-08-19; 修回日期: 2015-10-27

基金项目: 山东省地矿局地质科技攻关项目(KY201516); 山东省物化探勘查院科研基金(鲁物科基字[2015]1号)

作者简介: 胡尊芳(1986-), 女, 博士, 工程师, 现主要从事物化探及环境评价工作。Email: shiwaixianshu@126.com。

少,表现在选取的评价因子偏少;有关东平湖地下水环境评价方面的工作亦相对较少。在南水北调东线工程通水后,东平湖的调蓄水库作用和地位凸显,亟需对东平湖水环境进行全面了解。基于此背景,本研究开展了南水北调东线工程通水后东平湖地表水和地下水环境的评价工作。

2 研究区概况

东平湖位于山东省泰安市东平县。地理坐标为 $35^{\circ}30' \sim 36^{\circ}20'N$, $116^{\circ}00' \sim 116^{\circ}30'E$, 东有大汶河注入,南与京杭大运河相接,北通过小清河和黄河相通(图 1),是黄河下游重要的滞洪和调蓄水库^[6]。东平湖总面积约 627 km^2 ,总库容约 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中,老湖区(一级湖) 209 km^2 ,常年蓄水,多年平均水面面积约 124 km^2 ,水深一般为 $1 \sim 3 \text{ m}$,最深处 $5 \sim 6 \text{ m}$,湖面多年平均水位 40.75 m ,相应蓄水量 $1.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。新湖区(二级湖)为黄河滞洪区,面积 418 km^2 ,自建成以来只在 1960 年蓄水一次,现被耕植。

东平湖地区位于鲁中山区西部丘陵区与鲁

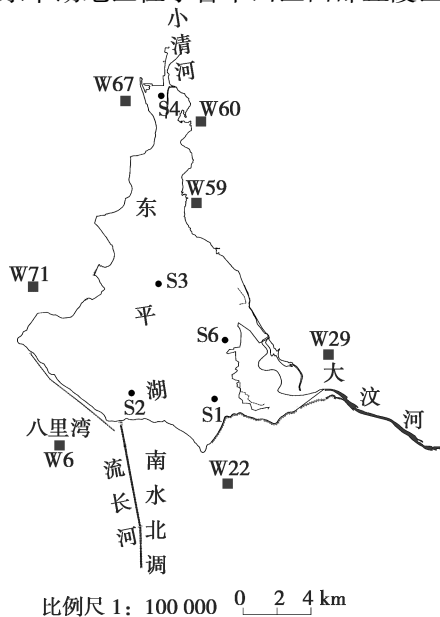


图 1 东平湖水系图及采样点位置

Fig. 1 Water system of Dongping Lake and location of sampling sites

西平原区的交接地带,地貌类型复杂,微地貌发育,总地势北高南低、东高西低。全区丘陵山区面积约占 30%,平原区约占 70%。东平湖地区属温带大陆性季风气候,四季分明,春季干燥少雨多风,常有春旱发生;夏季炎热多雨,多有内涝、暴雨及连阴天出现;秋季天高气爽,常有秋旱发生;冬季干冷,雨雪稀少。

3 材料与方法

3.1 样品采集与分析

采样工作于 2015 年 6 月(枯水期)进行。基于地理位置和地下水与湖水的相互补给关系,选择了 4 个地表水采样点和 7 个地下水采样井(图 1)。地表水样品采集点分别为大汶河入口处 S1、南水北调水资源入口处 S2、东平湖湖心处 S3 和东平湖出口处 S4,所采取的样品为不同时间点的瞬时样。地下水样品的采集井编号为 W6、W22、W29、W59、W60、W67 和 W71,所采取的样品为瞬时样。样品采集完毕后于 10 h 内送到山东省鲁南地质工程勘察院,在 24 h 内采用等离子体原子发射光谱仪(ICP-AES)测定水样中 As、Cd、Cr(+6 价)、Cu、F、Hg、Mn、Pb 等离子的浓度,水样分析前采用 2% 的硝酸酸化,测量的相对标准偏差小于 2%。

3.2 评价方法

1) 地表水环境质量评价方法和分级标准

地表水环境质量评价常用的评价方法为综合污染指数法,为突出污染的严重性,采用内梅罗的形式计算,其公式如下^[7],

$$P = \sqrt{\frac{(P_i)_{\max}^2 + (\bar{P}_i)^2}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{\left(\frac{c_i}{c_{oi\max}}\right)^2 + \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{c_i}{c_{oi}}\right)\right]^2}{2}} \quad (1)$$

式中, P 为综合污染指数; P_i 为 i 因子的污染指数; $\bar{P}_i$ 为各因子污染指数的平均值; c_i 为 i 因子的污染指标实测值; c_{oi} 为 i 因子的污染指标标准值,鉴于东平湖属于集中式水源地,此处取 III 类水的标准值; n 为参与评价的污染物因子总数。

表1 地表水环境污染分级标准

Table 1 Surface water pollution grading standards

等级	内梅罗综合污染指数	污染等级	污染程度描述
1	$P \leq 1.0$	安全	水质优良,无污染
2	$1.0 < P \leq 2.0$	警戒限	水质较好,几乎无污染现象
3	$2.0 < P \leq 3.0$	轻污染	部分污染指标超标但不严重
4	$3.0 < P \leq 5.0$	中污染	水体受中度污染
5	$P > 5.0$	重污染	污染指标严重超标,危害水体环境

参考已有的研究结果,相关的评价标准列于表1^[8]。

2) 地下水环境质量评价方法和分级标准

地下水环境质量采用综合水质评分 F 值来评价。根据所测的水质指标数值,划分单项指标所属的质量等级,并根据表2对单项组分进行赋值,得到 F_i ;再根据式(2)和式(3)得到 F 值^[9],通过得到的 F 值按照表3对地下水质量进行划分。

$$\bar{F} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_i, \quad (2)$$

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}}. \quad (3)$$

式中, F 为综合水质评分; $\bar{F}$ 为各单项指标评分 F_i 的平均值; $F_{\max}$ 为各单项指标评分值 F_i 中的最大值; m 为指标数目。

表2 地下水质量单项组分评分表

Table 2 Single component score of groundwater quality

评分	I	II	III	IV	V
F_i	0	1	3	6	10

表3 地下水质量分级标准

Table 3 Ranks of groundwater quality

F 值	<0.80	0.80~2.50	2.50~4.25	4.25~7.20	>7.20
水质级别	优良	良好	较好	较差	极差

3) 水环境健康风险评价模型及评价标准

采用美国科学院于1983年提出的危害鉴定、暴露评价、剂量—效应评价和风险表征这4个步骤的健康风险评价模式来评价东平湖地表水和地下水的健康风险^[10]。鉴于东平湖水源地的功能,本研究主要考虑水体中污染物通过饮水途径造成的健康风险。根据国际癌症研究机构、世界卫生组织和美国国家环保局编制的分类系统,所测定的指标中As、Cd、Cr属于致癌物质,对应的致癌强度系数分别为15.0、6.1、41 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[11-12];Cu、F、Hg、Mn、Pb属于非致癌物质,对应的非致癌物质的参考剂量分别为0.005 0、0.06、0.000 3、0.22、0.001 4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[11-13]。致癌物质和非致

癌物质的健康风险评价模型及评价标准如下。

a) 致癌物质的健康风险评价模型,

$$R_c = \sum R_{ci} = \frac{\sum [1 - \exp(-D_i \times q_i)]}{70}. \quad (4)$$

式中, R_c 为致癌物质通过饮水途径产生的总健康风险(a^{-1}); R_{ci} 为致癌物质 i 通过饮水途径产生的年平均致癌风险(a^{-1}); D_i 为致癌物质 i 的单位体重日均暴露剂量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$); q_i 为致癌物质 i 通过饮水途径产生的致癌强度系数($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$);70为人类的平均寿命(a)。

b) 非致癌物质的健康风险评价模型,

$$R_n = \sum R_{ni} = \frac{\sum (D_i / R_f D_i) \times 10^{-6}}{70}. \quad (5)$$

式中, R_n 为非致癌物质通过饮水途径产生的总健康风险 (a^{-1}); R_{ni} 为非致癌物质 i 通过饮水途径产生的年平均健康风险 (a^{-1}); R_i/D_i 为非致癌物质 i 通过饮水途径摄入的参考剂量 ($mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$); 70 为人类平均寿命 (a)。

有害物质通过饮用水途径对人体的日均暴露剂量 D_i 按下式计算,

$$D_i = \frac{2.2 \times C_i}{70} \quad (6)$$

式中, 2.2 为成人每日平均饮水量 (L); C_i 为饮用水体中各污染物的实测浓度 (mg/L); 70 为人均体重 (kg)。

c) 污染物质总的健康风险评价模型

假定各污染物对人体健康危害的毒性作用

不存在拮抗或协同关系, 则污染物通过饮用水途径对人体产生的总健康风险为,

$$R_{\text{总}} = R_c + R_n \quad (7)$$

4) 健康风险分级标准

致癌物质和非致癌物质采用同样的健康风险评价标准, 但不同机构推荐了不同的健康风险表征值^[10]。如美国国家环保局推荐的最大可接受风险水平为 $1.0 \times 10^{-4} a^{-1}$, 国际辐射防护委员会建议的表征值为 $5.0 \times 10^{-5} a^{-1}$, 瑞典环保局和荷兰环境和建设部建议的风险表征值为 $10^{-6} a^{-1}$ 。在此基础上, 赵锋霞通过对文献的总结, 对风险评价标准进行了模糊分级, 其风险等级、风险值范围、风险程度和可接受程度详见表 4。

表 4 健康风险分级标准

Table 4 Risk, value-at-risk coverage, degree of risk and acceptance

风险等级	风险值范围	风险程度	可接受程度
I	E-06 ~ E-05	低风险	不愿意关心这类风险
II	E-05 ~ 5E-05	低一中风险	不关心该类风险发生
III	5E-05 ~ E-04	中风险	关心该类风险
IV	E-04 ~ 5E-04	中一高风险	关心并愿意投资解决
V	5E-04 ~ E-03	高风险	应该解决
VI	E-03 ~ 5E-03	极高风险	不接受, 必须解决

4 结果与讨论

4.1 污染物测定结果

东平湖 2015 年枯水期 11 个采样点 8 种污染物的测定结果如表 5 所示。分别采用地表水环境质量标准 (GB3838-2002) 和地下水质量标准 (GB/T 14848-93), 对地表水和地下水中的污染物浓度进行评价。结果表明, 对于 4 个地表水样而言, 其中的 As、Cd、Cr、Cu 和 F 均符合地表水环境质量的 I 类标准, Hg 和 Pb 分别满足地表水环境质量的 IV 和 III 类标准, Mn 的浓度低于集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值。对于 7 个地下水样而

言, 除 W71 采样点的 F 浓度仅能达到地下水质量标准的 IV 类以及各采样点的 Mn 浓度满足 I ~ IV 类标准外, 其它污染物浓度均能满足地下水质量标准 III 类或更好标准。总体来说, 地表水中污染物浓度多数达到地表水环境质量的 I 类标准, 最严重的污染物为 Hg。张菊等的研究也表明东平湖地表水中 Hg 的污染较重^[3], 分析原因可能是因为底泥中 Hg 的二次释放或与库区的垃圾焚烧有关。地下水中污染物浓度多数可以达到地下水质量标准的 III 类标准, 污染最严重的污染物为 F 和 Mn。F 的主要来源是岩石中的含氟矿物^[13], Mn 是岩石中含量最高的重金属元素之一, 二者可能是由于降水的淋溶作用进入地下水^[14], 从而导致了地下水中二者的高浓度。

表 5 东平湖各采样点污染物浓度

Table 5 Concentration of targeted pollutants of all samples from Dongping Lake mg/L

采样点	污染物浓度							
	As	Cd	Cr	Cu	F	Hg	Mn	Pb
S1	0.001	0	0.004	0.004	0.60	0.000 1	0.059	0.048
S2	0.002	0.001	0.004	0.002	0.70	0.000 5	0.032	0.030
S3	0.001	0	0.004	0.003	0.70	0.000 7	0.029	0.034
S4	0.006	0.001	0.004	0.002	0.65	0.000 7	0.029	0.022
W6	0.001	0.000 4	0.004	0.001	0.70	0.000 8	0.052	0.039
W22	0.001	0.000 6	0.004	0.001	0.75	0.000 1	0.108	0.028
W29	0.001	0.001 1	0.004	0.001	0.20	0.000 1	0.108	0.028
W59	0.001	0.000 2	0.004	0.003	0.20	0.000 1	0.014	0.036
W60	0.001	0.000 1	0.004	0.002	0.15	0.000 6	0.003	0.022
W67	0.001	0.001 0	0.004	0.001	0.20	0.000 5	0.404	0.007
W71	0.001	0.000 2	0.004	0.001	1.40	0.000 1	0.264	0.025

4.2 水环境质量评价结果

采用综合污染指数法和综合水质评分法对地表水和地下水中的污染物进行质量评价,结果如表 6 所示。可以看出,4 个地表水样品的内梅罗综合污染指数 P 值均小于 1,表明采取的地表水水质优良,无污染,污染等级为安全级别。另外,鉴于内梅罗综合污染指数是由平均污染指数和最大污染指数计算得来,更充分表

明所采取的地表水样品的水质良好。对地下水而言,水质差异较大,W6、W59、W60 采样点的综合水质评分 F 值小于 2.5,水质级别良好,而 W22、W29、W67、W71 采样点的综合水质评分 F 值均大于 4.25,水质级别较差。即东平湖东南和西北部的地下水质量较差,通过调查没有发现周围有相应明显的地表污染源,因此其原因可能是相应土壤中的目标污染物含量较高,通过降水的淋溶作用进入地下水所致。

表 6 地表水和地下水环境质量评价结果

Table 6 Evaluation results of surface water and ground water quality

地表水		地下水	
采样点	综合污染指数 P	采样点	综合水质评分 F
S1	0.708 0	W6	2.412 5
S2	0.540 0	W22	4.419 4
S3	0.541 1	W29	4.472 1
S4	0.541 4	W59	2.265 6
		W60	2.265 6
		W67	4.373 2
		W71	4.500 9

4.3 水环境健康风险评价结果

采用美国科学院提出的健康风险评价模型对地表水和地下水样品进行健康风险评价,结果如表 7 所示。

从不同污染物来看,所有样品中非致癌物质的健康风险均小于 10^{-6} a^{-1} ,风险等级为 I 级低风险,属于不愿意被关注的风险水平;同样所有样品中致癌物质 As 和 Cd 的健康风险水平也属于 I 级低风险;而 Cr 的健康风险为 II 级低

中风险,属于不关心该类风险发生的水平。总体来看重金属 Cr 的健康风险相对较高,为 $7.34 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$ 。

从不同采样点来看,4 个地表水采样点的健康风险顺序为 $S4 > S2 > S1 = S3$ 。其中 S4 点(小清河出口处)的健康风险也是所有 11 个采样点中最高的,属于 IV 级中-高风险,可能是因为小清河出口处有外来污染源的排入。其它

3 个采样点 S1、S2、S3 的健康风险级别为 III 级中风险,4 个采样点的平均健康风险为 $9.18 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$ 。7 个地下水采样点的健康风险顺序为 $W29 > W67 > W22 > W6 > W71 = W59 > W60$,均属于 III 级中风险水平。其中 W29 的健康风险最高,可能是因为大汶河入口处附近的工农业污染源较多^[15],7 个采样点的平均健康风险为 $8.16 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$ 。

表 7 东平湖各采样点污染物健康风险

Table 7 Health risk of targeted pollutants of all samples from Dongping Lake

a^{-1}

采样点	健康风险								
	$R_{\text{c As}}$	$R_{\text{c Cd}}$	$R_{\text{c Cr}}$	$R_{\text{n Cu}}$	$R_{\text{n F}}$	$R_{\text{n Hg}}$	$R_{\text{n Mn}}$	$R_{\text{n Pb}}$	$R_{\text{总}}$
S1	6.73E-06	0	7.34E-05	3.59E-10	4.49E-09	1.50E-10	1.20E-10	1.54E-08	8.02E-05
S2	1.35E-05	2.74E-06	7.34E-05	1.80E-10	5.24E-09	7.48E-10	6.53E-11	9.62E-09	8.97E-05
S3	6.73E-06	0	7.34E-05	2.69E-10	5.24E-09	1.05E-09	5.92E-11	1.09E-08	8.02E-05
S4	4.04E-05	2.74E-06	7.34E-05	1.80E-10	4.86E-09	1.05E-09	5.92E-11	7.06E-09	1.17E-04
W6	6.73E-06	1.10E-06	7.34E-05	8.98E-11	5.24E-09	1.20E-09	1.06E-10	1.25E-08	8.13E-05
W22	6.73E-06	1.64E-06	7.34E-05	8.98E-11	5.61E-09	1.50E-10	2.20E-10	8.98E-09	8.18E-05
W29	6.73E-06	3.01E-06	7.34E-05	8.98E-11	1.50E-09	1.50E-10	2.20E-10	8.98E-09	8.32E-05
W59	6.73E-06	5.48E-07	7.34E-05	2.69E-10	1.50E-09	1.50E-10	2.86E-11	1.15E-08	8.07E-05
W60	6.73E-06	2.74E-07	7.34E-05	1.80E-10	1.12E-09	8.98E-10	6.12E-12	7.06E-09	8.05E-05
W67	6.73E-06	2.74E-06	7.34E-05	8.98E-11	1.50E-09	7.48E-10	8.24E-10	2.24E-09	8.29E-05
W71	6.73E-06	5.48E-07	7.34E-05	8.98E-11	1.05E-08	1.50E-10	5.39E-10	8.02E-09	8.07E-05

5 结 论

通过对南水北调东线工程全线通水后东平湖湖区地表水和地下水分析评价得出以下结论。

1) 地表水中测定的污染物大多满足地表水环境质量标准 I 类标准,其中污染较重的为 Hg;地下水中测定的污染物大多满足地下水质量标准 III 类标准及以上,其中污染较重的为 F 和 Mn。

2) 地表水所有采样点的内梅罗综合污染指数 P 值均小于 1,表明地表水水质优良,无污染,污染等级为安全级别;地下水中 W6、W59、W60 采样点的综合水质评分 F 值均小于 2.5,表明水质良好,W22、W29、W67、W71 采样点的综合水质评分 F 值均大于 4.25,水质较差。

3) 地表水的平均健康风险为 $9.18 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$,为 III 级中风险,其中 Cr 的健康风险值最大,为 $7.34 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$;地下水的平均健康风险为 $8.16 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$,为 III 级中风险。

综合来看,南水北调东线工程通水后东平湖地表水和地下水水质较好,但个别元素如 Hg、F、Mn、Cr 等的浓度较高或产生的健康风险较大,后续应该注意合理管理和有效控制此类污染源的排放。

参考文献:

- [1] Kumar R N, Solanki R, Kumar J I N. Seasonal variation in heavy metal contamination in water and sediments of river Sabarmati and Kharicut canal at Ahmedabad, Gujarat [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2013, 185(1): 359-368.
- [2] 刘红彩. 东平湖水环境状况与影响因素研究 [D]. 济南: 山东大学, 2012.

- [3] 张菊, 邓焕广, 陈诗越, 等. 东平湖水源地水环境健康风险初步评价 [J]. 安全与环境学报, 2011, 11(6): 111–115.
- [4] 谢杨杨. 东平湖大型底栖动物研究及水质评价 [D]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- [5] 王海文, 刘海珍. 东平湖营养状况及生态环境对水质影响分析 [J]. 科技经济市场, 2014, (2): 102–103.
- [6] 梁云, 殷峻暹, 张丽丽, 等. 东平湖老湖调整为综合利用水库的可行性—南水北调东线通水后 [J]. 南水北调与水利科技, 2012, (4): 18–20, 101.
- [7] 陈伟胜, 童玲, 许延营, 等. 地下水质量综合污染指数评价模型改进及应用 [J]. 给水排水, 2013, 39(7): 158–162.
- [8] 陈璐. 地表水环境质量评价及污染控制对策研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- [9] 邓青军, 唐仲华, 周璐, 等. 荆州市浅层地下水环境质量综合评价与分区 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, (6): 839–845.
- [10] 赵锋霞. 基于不确定性参数的水环境健康风险评价方法及应用 [D]. 大连: 辽宁师范大学, 2013.
- [11] 张光贵, 黄博. 湖南洞庭湖水系重金属健康风险评价 [J]. 水资源保护, 2014, 30(1): 14–17, 47.
- [12] 杨月, 曾悦, 吴俊伟, 等. 城市饮用水源地水中重金属健康风险评价实例研究 [C]. 成都: 中国环境科学学会学术年会, 2014.
- [13] 何锦, 张福存, 韩双宝, 等. 中国北方高氟地下水分布特征和成因分析 [J]. 中国地质, 2010, 37(3): 621–626.
- [14] 刘成才. 佳木斯地区高铁高锰地下水生物净化工艺效能与应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学硕士, 2013.
- [15] Wang Y L, Yang L, Kong E, *et al.* Spatial distribution, ecological risk assessment and source identification for heavy metals in surface sediments from Dongping Lake, Shandong, East China [J]. Catena, 2015, 125: 200–205.

Water Quality Assessment of Dongping Lake along the East Route since the South-to-north Water Diversion Project Put into Use

HU Zun-fang

(Shandong Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Jinan, 250013, China)

Abstract: In order to study the water quality of Dongping Lake along the east route after the South-to-north water diversion project, 4 surface water samples and 7 ground water samples were collected in June 2015 (dry season), the concentrations of 8 elements (As, Cd, Cr, Cu, F, Hg, Mn and Pb) were analyzed, and then comprehensive pollution index, comprehensive water quality score and health risk assessment were applied to evaluate the quality and health risk of the aquatic environment. Results showed that most heavy metals in surface water meet standard I of Environmental quality standards for surface water, and Hg with the most severe pollution. Then most heavy metals in ground water meet or are above standard III of Quality standard for ground water with F and Mn revealing the most serious pollution. For surface water, comprehensive pollution index of all 4 samples was less than 1, meaning its excellent quality. For ground water, comprehensive water quality score of 3 samples was less than 2.5, presenting its fine water quality while score of the other 4 samples was more than 4.25, showing its poor water quality. Average health risk of surface water and ground water was $9.18 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ and $8.16 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ respectively, both of them are ascribed to the medium health risk standard III.

Key words: South-to-north water diversion project; Dongping Lake; Heavy metals; Comprehensive pollution index; Comprehensive water quality score