

# 东平湖水环境健康风险初步评价

胡尊芳<sup>1,2</sup>, 宋印胜<sup>1</sup>, 臧凯<sup>1</sup>, 孙建峰<sup>1</sup>, 王仕昌<sup>1</sup>, 韩玉珍<sup>1</sup>

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东大学土建学院, 山东 济南 250013)

**摘要:** 为了解东平湖水环境健康风险, 于枯、丰水期对东平湖进行了采样, 并分析 8 种与健康风险相关的污染因子的浓度。采用国家标准和水环境健康风险评价模型对东平湖水环境及其健康风险进行了评价。结果表明: 东平湖总体水环境质量良好, 目标污染物的浓度大多符合地表水环境质量 I 类标准和生活饮用水卫生标准; 致癌物质铬的健康风险水平较高, 最高可达  $2.92 \times 10^{-4} a^{-1}$  的水平, 大于美国环境保护局推荐的最大可接受水平  $1 \times 10^{-4} a^{-1}$ ; 非致癌物质的健康风险水平较低, 为  $10^{-11} \sim 10^{-9} a^{-1}$  的水平。建议后续控制东平湖周围含铬废水的排放。

**关键词:** 水环境; 健康风险; 含铬废水; 东平湖

**中图分类号:** X820.4      **文献标识码:** B

**引文格式:** 胡尊芳, 宋印胜, 臧凯, 等. 东平湖水环境健康风险初步评价[J]. 山东国土资源, 2016, 32(2): 65-69. HU Zunfang, SONG Yinsheng, ZANG Kai, etc. Preliminary Health Risk Assessment of Water Environment in Dongping Lake [J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(2): 65-69.

东平湖位于山东省泰安市东平县, 是山东省第二大淡水湖泊和南水北调东线工程的调蓄水库<sup>[1]</sup>, 同时也是山东省省级地质公园所在地<sup>[2]</sup>, 具有重要的旅游价值。近年来, 随着经济的迅速发展, 东平湖地区工农业生产活动规模迅速扩大, 导致东平湖的环境受到了一定的破坏<sup>[3]</sup>, 尤其是一些工业污染源的排放导致东平湖水水质恶化<sup>[4]</sup>, 局部地区已处于极富营养化状态<sup>[5]</sup>。东平湖水质的的好坏直接影响南水北调受水区域的用水健康, 因而有必要对东平湖水环境健康进行评价, 以促进东平湖的生态健康发展和保障东平湖流域的可持续发展<sup>[6]</sup>。目前有关东平湖水环境健康风险评价方面的研究报道相对较少, 因此有必要对东平湖的水环境进行健康风险评价, 以保障公共饮水安全, 并为南水北调东线工程运行管理提供参考。

## 1 区域地质条件

### 1.1 地形地貌

东平湖地区位于鲁中山区西部丘陵区与鲁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%。以东平湖为中心, 湖区以东地区地貌类型为构造剥蚀低山丘陵区, 地表高程 50~451 m, 地形起伏较大, 最高点为梯门镇歪老婆顶; 湖区西北侧为剥蚀堆积孤山残丘区, 系山区到平原区的过渡地带, 分布有多座孤山残丘, 地表高程 50~260 m; 湖区东南部为山前冲积平原区, 由大清河或大汶河冲积而成, 地面高程 38~48 m; 湖区以南侧为冲积与湖积平原区, 为黄河或湖泊沉积作用形成, 地形平坦, 地面高程为 36~41 m。

### 1.2 气象条件

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。据多年资料统计显示: 该地区年平均气温 14.6 °C, 最高气温 41.2 °C, 最低气温 -13.7 °C; 年最大降水量为 1 110.7 mm, 年最小降水量为 285.3 mm, 多年平均降水量为 630 mm, 年最大蒸发量为 1 969.7 mm, 年最小蒸发量为 1 343.8 mm, 多年平均蒸发量为 1 650.5 mm; 年平均

收稿日期: 2015-05-20; 修订日期: 2015-06-28; 编辑: 陶卫卫

项目基金: 山东省地质勘查项目(鲁勘字(2011)121)和山东省物化探勘查院科研基金(2015)资助

作者简介: 胡尊芳(1986—), 女, 山东临沭人, 主要从事水环境评价; E-mail: shiwaixianshu@126.com

相对湿度为 68%，历年最大冻土深度为 0.34 m，常年结冰日期为 102 d，最多为 118 d，最少为 82 d。

### 1.3 水文条件

东平湖上承汶河来水，南与运河相接，北由小清河和黄河相通（图 1），是黄河下游重要的滞洪和调蓄水库。东平湖总面积约 627 km<sup>2</sup>，总库容约 40 亿 m<sup>3</sup>。其中，老湖区（一级湖）209 km<sup>2</sup>，常年蓄水，多年平均水面面积约 124 km<sup>2</sup>，水深一般为 1~3 m，最深处 5~6 m，湖面多年平均水位 40.75 m，相应蓄水量 1.3 亿 m<sup>3</sup>。新湖区（二级湖）为黄河滞洪区，面积 418 km<sup>2</sup>，自建成以来只在 1960 年蓄水一次，现被耕植。

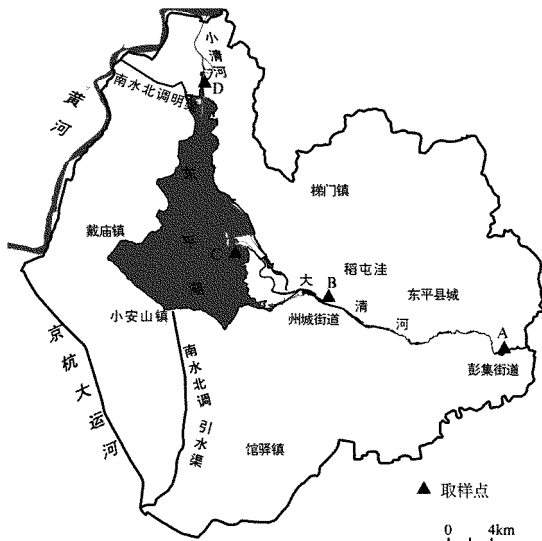


图 1 东平湖水系图和采样点位置

### 1.4 水资源

(1) 黄河水资源。黄河干流流经东平湖区的梁山县和东平县，境内河道长 67.3 km，沿黄河建有 2 座引黄闸。设计引水流量为 75 m<sup>3</sup>/s，1991—2005 年两引黄闸年均引水量 12 524 万 m<sup>3</sup>，同时梁山、东平县共建有黄河滩区 6 个，其中 5 个建有引黄工程，1 个为井灌区。5 个滩区引黄工程设计引水流量为 18.67 m<sup>3</sup>/s，年引水量 905 万 m<sup>3</sup>。陈垓、国那里两引黄闸年最大引黄水量为 1993 年的 4.46 亿 m<sup>3</sup>，其次为 2002 年的 2.9 亿 m<sup>3</sup>（2 年均向南四湖送水）。

(2) 大汶河水资源。大汶河是黄河下游最大的一支支流，为东平、汶上县的客水资源之一。戴村坝水文站 1986—2005 年资料显示，多年平均流量 25.9 m<sup>3</sup>/s，年平均径流量 8.18 亿 m<sup>3</sup>，最大年径流量为

2004 年的 26.32 亿 m<sup>3</sup>，最小年径流量为零。东平县在戴村坝建有穿堤引汶涵闸一座，引水流量 10 m<sup>3</sup>/s，年平均引水 1 720 万 m<sup>3</sup>，汶上县在大汶河干流建有琵琶山、松山东、松山西三闸，多年平均引水量为 14 500 万 m<sup>3</sup>。

(3) 南水北调引水资源。南水北调东线工程由长江水经东平湖八里湾泵站工程向东平湖引水，设计调水流量 100 m<sup>3</sup>/s，站上（东平湖）水位 40.9 m，站下（柳长河）水位 36.12 m。

## 2 东平湖水质特征

### 2.1 样品采集与测定

该研究于 2012 年 6 月（枯水期）和 9 月（丰水期）进行了两期采样，采集湖水表层下 0.5 m 处的水样<sup>[7]</sup>，每期采集 4 个水样，分别为：东平湖入流河大清河上游 A、大清河入东平湖入湖口 B、东平湖湖心 C 和东平湖出湖口 D 等 4 个点（图 1），水样采集后 24 h 内送到国土资源部济南矿产资源监督检测中心进行目标物浓度测定。

### 2.2 水质分析

东平湖 2012 年 6 月和 9 月湖水中主要污染物浓度状况如表 1 所示。受仪器所限，某些样品的目标物浓度低于仪器检测限，因而无法精确定量，所以直接给出了小于仪器检测限的数值。

以地表水环境质量标准为衡量标准<sup>[8]</sup>，从表 1 可以看出：所有水样的镉、砷、铅和氟化物浓度均可以达到 I 类水标准；枯水期大清河上游和东平湖出水口处水样中铬浓度达到 II 类水标准，其余水样的铬浓度均达到 I 类水标准；除枯水期东平湖湖心处水样的汞浓度达 III 类水标准外，其余水样的汞浓度均可达到 II 或 I 类水标准；枯水期所有样品的氨氮浓度均可达到 I 类水标准，而丰水期，除大清河上游水样的氨氮浓度符合 I 类水标准外，其余水样的氨氮浓度均为 III 类水标准；丰水期入湖口处水样的挥发酚浓度为 II 类水标准，其余样品的挥发酚浓度均可以达到 I 类水标准。

以生活饮用水卫生标准为衡量标准<sup>[9]</sup>，可以看出：丰水期大清河入湖口、东平湖湖心处和出湖口处水样的氨氮浓度超出生活饮用水卫生标准的限值，另外丰水期大清河入湖口处的挥发酚浓度也超标，其他采样点的水样中目标测定物的浓度均在生活饮

用水卫生标准的规定限值以内。

表 1 东平湖中主要污染物的浓度

采样时间	采样点	目标物浓度 (mg/L)							
		镉	砷	铬	汞	铅	氨氮	氟化物	挥发酚
2012-6-12	A	<0.001	<0.01	0.015	<0.0001	<0.01	<0.04	0.56	<0.002
	B	<0.001	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.01	<0.04	0.56	<0.002
	C	<0.001	<0.01	0.01	0.00017	<0.01	<0.04	0.86	<0.002
	D	<0.001	<0.01	0.016	<0.0001	<0.01	<0.04	0.52	<0.002
2012-9-21	A	<0.001	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.01	0.048	0.48	<0.002
	B	<0.001	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.01	0.52	0.46	0.004
	C	<0.001	<0.01	<0.01	<0.0001	<0.01	0.88	0.56	0.002
	D	<0.001	<0.01	0.01	<0.0001	<0.01	0.6	0.50	<0.002

总体来说:从地表水质量标准来看,东平湖水环境良好;对于测定的八项指标,除个别水样的水质达到Ⅲ类水标准外,其余水样均可达到地表水环境质量Ⅰ或Ⅱ类标准;从生活饮用水卫生标准来看,除丰水期个别采样点的氨氮和挥发酚浓度超标外,其余采样点的八项测定指标均符合标准。

### 3 水环境健康风险评估

#### 3.1 水环境健康风险评估定义

水环境健康风险评估是 20 世纪 80 年代后兴起的健康风险评估的重要组成部分,是建立水体污染与人体健康定量联系的一种评价方法,其目的是通过水体污染物危害鉴定、污染物暴露评价和污染物与人体的剂量-反应关系分析等定量评估水体污染物对人体健康危害的潜在风险<sup>[10]</sup>。水环境健康风险评估不仅能够准确反映水质状况,而且还能把污染物与人体健康有效地联系起来,更直观地反应污染物对人体健康的危害程度,促进人们安全意识和环境保护意识的提高。

#### 3.2 水环境健康风险评估模型

水环境健康风险评估包括致癌风险评估与非致癌风险评估 2 部分,常用的健康风险评估模式是美国科学院于 1983 年提出来的危害鉴定、暴露评价、剂量-效应评价和风险评估 4 个步骤<sup>[11]</sup>。

水环境健康风险评估的对象主要是水体中对人体有害的物质,这些有害物质对人体健康产生危害主要通过 3 种暴露途径:饮水、皮肤接触和呼吸。饮水途径主要指水体中污染物以日常饮用形式直接被人体吸收的途径;皮肤接触途径指日常的洗漱和洗浴过程中,水体中污染物直接经人体皮肤摄入的途

径;呼吸途径指水中污染物被气化或雾化在空气中被人体吸入的途径。不同性质的污染物对人体的作用机理不同,因此在水环境健康风险评估时要相应选择不同的评价模型。考虑到东平湖是一个淡水湖泊,以饮用途径被利用的概率较大,且饮水途径产生的健康风险对人体危害也是最大的,因此,该研究主要考察东平湖水环境通过饮水途径对人体造成的健康风险。在饮水途径中,致癌物风险率的计算模型和非致癌物风险率的计算模型如下<sup>[12-13]</sup>:

##### 3.2.1 致癌物质的健康风险评估模型

$$R_c = R_{ci} = [1 - \exp(-D_i q_i)] / 70 \quad (1)$$

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( $a^{-1}$ ); $D$  为致癌物质  $i$  的单位体重日均暴露剂量( $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ ); $q_i$  为致癌物质  $i$  通过饮水途径产生的致癌强度系数( $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ ) $^{-1}$ ;70 为人类的平均寿命( $a$ )。

##### 3.2.2 非致癌物质的健康风险评估模型

$$R_n = R_{ni} = (D_i / RfD_i) 10^{-6} / 70 \quad (2)$$

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( $a^{-1}$ ); $RfD_i$  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按下式计算:

$$D_i = 2.2 C_i / 70 \quad (3)$$

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 为人体体重(kg)。

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:

$$R_{\text{总}} = R_c + R_n \quad (4)$$

### 3.3 评价因子和参数的确定

基于污染物的毒性和对人体的危害作用,该研究选定镉、砷、铬(六价)、汞、铅、氮、氟化物和挥发酚这 8 种污染物作为评价因子。根据国际癌症研究机构和世界卫生组织编制的分类系统,镉、砷和铬为化学致癌物质,汞、铅、氮、氟化物和挥发酚等为非致癌物质,通过饮水途径,致癌物质和非致癌物质的致癌强度系数和参考剂量见表 2 和表 3<sup>[12,14]</sup>。

表 2 致癌物质的致癌强度系数 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>

物质名称	镉	砷	铬
致癌强度系数	6.1	15	41

表 3 非致癌物质的参考剂量 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )

物质名称	氮	氟化物	挥发酚	汞	铅
参考剂量	0.97	0.06	0.1	0.0003	0.0014

### 3.4 健康风险评价结果

各采样点目标物通过饮水途径产生的健康风险

表 4 东平湖各采样点目标物通过饮水途径产生的健康风险

采样时间	采样点	健康风险( $\text{a}^{-1}$ )								
		镉	砷	铬	汞	铅	氮	氟化物	挥发酚	总风险
2012-6-12	A	<2.74E-06	<6.72 E-05	2.73E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	<1.8E-11	4.0E-09	<9.0E-09	<3.43E-04
	B	<2.74 E-06	<6.72 E-05	<1.83E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	<1.8E-11	4.0E-09	<9.0E-09	<2.53E-04
	C	<2.74E-06	<6.72 E-05	<1.83E-04	2.5E-10	<3.2E-09	<1.8E-11	6.0E-09	<9.0E-09	<2.53E-04
	D	<2.74 E-06	<6.72 E-05	2.92E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	<1.8E-11	4.0E-09	<9.0E-09	<3.61E-04
2012-9-21	A	<2.74 E-06	<6.72 E-05	<1.83E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	2.2E-10	4.0E-09	<9.0E-09	<2.53E-04
	B	<2.74E-06	<6.72 E-05	<1.83E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	2.4E-10	3.0E-09	<1.8E-08	<2.53E-04
	C	<2.7E-06	<6.72 E-05	<1.83E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	4.0E-10	4.0E-09	<9.0E-09	<2.53E-04
	D	<2.74 E-06	<6.72 E-05	1.83E-04	<1.5E-10	<3.2E-09	2.8E-10	4.0E-09	<9.0E-09	<2.53E-04

目前国内外湖泊水环境健康风险评价研究的比较多,而东平湖水环境健康风险评价相关的工作开展的还比较少。通过对其他湖泊的文献调研发现:洞庭湖的重金属总健康风险为  $2.27 \times 10^{-5} \sim 1.004 \times 10^{-4} \text{a}^{-1}$  的水平<sup>[16]</sup>,广西省某湖库型饮用水源地原水的健康风险为  $1.37 \times 10^{-7} \sim 3.68 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$  的水平<sup>[17]</sup>,太湖主要饮用水源地的健康风险为  $3.93 \times 10^{-5} \sim 4.54 \times 10^{-5} \text{a}^{-1}$  的水平<sup>[18]</sup>,东平湖的总健康风险为  $2.53 \times 10^{-4} \sim 3.61 \times 10^{-4} \text{a}^{-1}$  的水平,不仅无法满足美国环保局推荐的最大可接受风险水平  $1.0 \times 10^{-4} \text{a}^{-1}$ ,与其他湖库相比风险也偏高;另外在文献调研中发现张菊等开展了东平湖水环境健康风险评价相关的工作,结果表明砷通过饮水途径产生的致癌风险平均值较

结果如表 4 所示。从表 4 中可以看出:对于不同物质而言,致癌物质镉、砷和铬的健康风险在  $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{a}^{-1}$  的水平,非致癌物质汞、铅、氮、氟化物和挥发酚的健康风险在  $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{a}^{-1}$  的水平,可见致癌物质的健康风险明显大于非致癌物质的风险,尤其是枯水期砷的健康风险高达  $10^{-4} \text{a}^{-1}$  的水平;对于不同采样点而言,除铬在枯水期入湖口处 A 和出湖口处 D 的健康风险稍高外,其他物质在不同时期的样品中的健康风险没有显著差别;对于不同采样时期而言,枯水期砷和氟化物的健康风险水平要高于丰水期的健康风险水平,而丰水期氮的健康风险水平则高于枯水期氮的健康风险水平;对于总健康风险而言,由于致癌物质砷的健康风险较高,因而导致总体的健康风险也相对较高,超过美国环保局推荐的  $1.0 \times 10^{-4} \text{a}^{-1}$  的最大可接受风险水平<sup>[15]</sup>。

高,为  $2.18 \times 10^{-6} \text{a}^{-1}$ ,非致癌物质的健康风险水平较低,为  $10^{-12} \sim 10^{-9} \text{a}^{-1}$  的水平<sup>[19]</sup>,该研究发现致癌物质砷通过饮水途径产生的健康风险较高,最大可以达到  $2.92 \times 10^{-4} \text{a}^{-1}$  的水平,高于张菊等的研究结果,非致癌物质的健康风险水平相对较低,为  $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{a}^{-1}$  的水平,与张菊等研究结果水平相当。综合来看,无论是与其他湖库相比还是与之前研究者的研究结果相比,该研究发现东平湖的水环境健康风险水平较高,后续需要注重东平湖环境的保护,严格控制污染物进入东平湖。

## 4 结论

通过对东平湖枯、丰水期水样的分析可知:

(1) 总体来说东平湖水环境良好,所选目标污染因子的浓度水平基本能达到地表水环境质量 I 类标准,且多数满足生活饮用水卫生标准。

(2) 利用美国科学院提出的健康风险评价模式对东平湖水环境进行健康风险评价,结果发现东平湖水中致癌物质铬的健康风险较高,尤其是枯水期铬的健康风险超过美国环保局推荐的  $1.0 \times 10^{-4} \text{ a}^{-1}$  的最大可接受风险水平。

(3) 该研究结果表明仅采用地表水环境质量标准或生活饮用水卫生标准来判断地表水环境是否安全是不全面的,后续应该考虑引入健康风险的评价指标;建议后续严格控制东平湖周围含铬废水的排放;建议后续对东平湖开展更长时间尺度和多指标多途径的健康风险评价。

## 参考文献:

- [1] 杨淑华.南水北调与山东水资源可持续利用[J].山东国土资源, 2005,21(9):55-57.
- [2] 毛小妮,张中欣,耿令朋,等.山东省东平湖省级地质公园岩溶地貌特征及保护对策[J].山东国土资源, 2015,31(1):59-61.
- [3] 谢杨杨.东平湖大型底栖动物研究及水质评价[D].山东师范大学, 2014.
- [4] 刘新民,胡道峰,杨长群,等.东平湖水环境评价与保护对策[J].水利规划与设计, 2013, (11):18-20.
- [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] 史可庆.基于 PSR 框架模型的南四湖健康评价[J].山东国土资源, 2011,27(6):23-26.
- [7] 李俊莉,史同广,孙庆义,等.南四湖区水环境质量综合评价[J].国土与自然资源研究,2004,(4):66-67.
- [8] GB3838-2002.地表水环境质量标准[S].
- [9] GB5749-2006.生活饮用水卫生标准[S].
- [10] 张光贵.洞庭湖水环境健康风险评价[J].湿地科学与管理, 2013,9(4):26-29.
- [11] 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].辽宁师范大学, 2013.
- [12] 魏金波.大连市饮用水环境健康风险评价[D].辽宁师范大学, 2013.
- [13] 李祥平,齐剑英,陈永亨.广州市主要饮用水源中重金属健康风险的初步评价[J].环境科学学报,2011,31(3):547-553.
- [14] 彭珂,张晓范,罗钰.长沙市主要饮用水源地水质健康风险评价[J].环保科技,2013,(1):10-12.
- [15] 马海涛,杨晓灵,任重,等.南宁市主要饮用水源地水环境健康风险分析[J].人民珠江,2014,(4):41-44.
- [16] 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,(1):14-17+47.
- [17] 黄睿智.湖库型饮用水水源地水环境健康风险评价[A]//中国环境科学学会学术年会[C].成都,2014.
- [18] 盛东,杨旭昌,徐枫.太湖主要饮用水水源地水环境健康风险评价[A]//首届中国湖泊论坛[C].南京,2011.
- [19] 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.

## Preliminary Health Risk Assessment of Water Environment in Dongping Lake

HU Zunfang<sup>1,2</sup>, SONG Yinsheng<sup>1</sup>, ZANG Kai<sup>1</sup>, SUN Jianfeng<sup>1</sup>, WANG Shichang<sup>1</sup>, HAN Yuzhen<sup>1</sup>

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Civil Engineering College of Shandong University, Shadong Jinan 250061, China)

**Abstract:** In order to know the health risk of Dongping Lake, samples have been obtained from the lake during dry and wet seasons. Concentrations of eight compounds related to health risk have been analyzed. National standards and the health risk assessment model have been utilized to evaluate its water environment and health risk. It is showed that the overall water quality of Dongping Lake is good and concentrations of eight targeted compounds almost all meet class I standard of environmental quality standards for surface water and standards for drinking water quality. The health risk of carcinogenic chromium is high up to  $2.92 \times 10^{-4} \text{ a}^{-1}$ , more than the maximum acceptable level of  $1 \times 10^{-4} \text{ a}^{-1}$  recommended by USEPA and the health risk of non-carcinogenic substances was low to about  $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ . It is suggested that the discharge of chromium-containing waste water should be controlled in future.

**Key words:** Water environment; health risk; chromium-containing wastewater; Dongping Lake