

沈阳辉山水库水质污染现状分析及评价

谢东青¹, 姜春红², 林静雯³, 潘正权³

(1.沈阳市环境保护局大东分局, 辽宁 沈阳 110041; 2.沈阳市环境监测中心站, 辽宁 沈阳 110016;
3.沈阳大学环境学院, 辽宁 沈阳 110044)

摘要: 根据《地表水环境质量评价办法》中规定的方法, 对沈阳辉山水库进行了水质和富营养化状态评价, 并对污染源和水质污染特性进行了分析。结果显示: 水库水质类别为劣Ⅴ类, 水质状况为重度污染。富营养化综合营养状态指数为 34.44, 辉山水库水质为中营养化水平, 水库没有藻类水华的产生。水库主要污染指标为总磷、总氮和悬浮物, 分别超出国家地表水Ⅲ类标准的 14.2 倍、5.85 倍和 2.72 倍。整个库区水质变化不均匀, 水质变化受库区沿岸污染物排放影响较大, 辉山明渠上游和某工厂暗渠排污口输入是水库主要污染源, 库区周围动迁后的荒地和蚯蚓养殖, 是辉山水库地面径流和农业污染污染源。

关键词: 水库; 水质; 评价; 富营养化

中图分类号: X524

文献标志码: A

Analysis and Evaluation of Water Pollution Status of Huishan Reservoir in Shenyang

Xie Dongqing¹, Jiang Chunhong², Lin Jingwen³, Pan Zhengquan³

(1.Dadong Branch Bureau, Shenyang Environmental Protection Bureau of China, Shenyang 110041, China;

2.Shenyang Environmental Monitoring Station, Shenyang 110016, China;

3.College of Environment, Shenyang University, Shenyang 110044, China)

Abstract: According to the procedures formulated in the evaluation method of environmental quality of surface water, the status of water quality and eutrophication of Huishan Reservoir in Shenyang is evaluated and the pollution source and water pollution characteristics are analyzed. The results show that water quality of the reservoir is categorized as inferior level V in the state of serious pollution. Eutrophication index TLI (Σ) is 34.44 and water quality of the reservoir is in the level of moderate eutrophication without generation of algae bloom. TP, TN, and SS are the major pollution indicators of the reservoir and exceed class III of the national environmental quality standard for surface water by 14.2 times, 5.85 times and 2.72 times respectively. Water quality variation of the whole reservoir is not uniform and significantly affected by pollutant discharge along the reservoir bank. The upstream of Huishan channel and inflow of the effluent from a culvert discharge outlet of a certain plant are the main pollution sources. The wasteland left after relocation surrounding the reservoir and earthworm cultivation is the pollution sources for surface runoff and agriculture.

辉山水库是沈阳市市区内东北区域唯一的一座水库, 由于沈阳市东北方向地势较高的特殊地理位置, 辉山水库不仅是沈阳市市区内东北区域湿地生态系统重要的构成要素, 而且还是防御东北部山区山洪危害的重要防汛屏障。所以说辉山水库在沈阳市防汛体系和水生态湿地资源体系中起到不可替代的作用^[1]。

然而随着辉山水库周边经济发展和居住人口增长, 大量污染物被排入水库, 不但使辉山水库水质受到了污染和破坏, 而且受到富营养化的威胁。伴随着河流流域环境治理及生态建设步伐的不断加快和人们对环境质量日益好转的渴求, 解决辉山水库水环境质量和富营养化问题日趋紧迫^[2]。为了给辉山水库流域全面治理以及长效管理机制

收稿日期: 2014-02-11

作者简介: 谢东青 (1972-), 女, 工程师。研究方向: 环境管理。E-mail: linjw1972@sina.com

提供有力的技术保障,以实现该区域社会、经济和生态环境可持续发展,本文根据《地表水环境质量评价办法》^[3]中规定的方法,首次对辉山水库进行了水质和富营养化评价、污染源和水质污染特性分析,这对于辉山水库湿地生态系统的环境保护具有重要的意义。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

辉山水库位于沈阳市大东区前进街道榆林堡村,1958年由市城建局兴建,当时设计库容为120万m³,现在水库长约600 m,宽约230 m,主要蓄水面积约0.14 km²。辉山水库位于辉山明渠中间,辉山明渠是辉山水库唯一的泄洪渠道。辉山水库多年来主要补给水量来自水库上游的辉山明渠、周边村庄和工厂径流污水和雨水,平均水量每年约为50 万m³。具体辉山水库区域概况见图1。

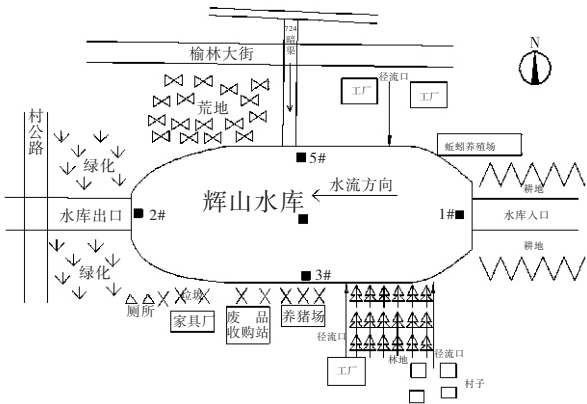


图1 辉山水库区域概况和采样布置点

1.2 采样分析方法

根据国家环境保护标准《水质采样技术指导HJ494-2009》^[4]和《地表水和污水监测技术规范HJ/T 91-2002》^[5]的规定,水库进出口各设置1个采样垂面(断面),每个采样垂面(断面)设置1个采样点。在水库中心线设置1个采样垂面(断面),该采样垂面(断面)均匀设置3个采样地点,共设5个采样点(1#~5#)。在水面下0.5 m处共采集5个水样进行水质监测水样采集具体布点可见图1。

水质采用《地表水环境质量标准GB3838-2002》^[6]、《地表水和污水监测技术规范HJ/T 91-2002》规定的方法进行监测分析。

本次水质数据的采集时间为2013年4月。

1.3 标准和评价方法

水质环境质量标准执行《地表水环境质量标准GB3838-2002》。

评价方法根据《地表水环境质量评价办法》中规定的方法进行水质评价。具体评价方法为:

(1) 湖泊(水库)水质评价:按照规定,当一个水库有多个监测点位时,计算多个点位各评价指标浓度算术平均值,然后按照“断面水质评价”方法评价,即水质类别评价采用该断面参评的指标中类别最高的一项来确定。

(2) 湖泊(水库)富营养状态评价:采用TLI(Σ)指数对湖泊(水库)营养状态进行分级,TLI(Σ)指数具体计算参数见表1。

表1 湖泊(水库)水库水质营养状态评价分级

$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$		$W_j = \frac{rij^2}{\sum_{j=1}^m rij^2}$		$TLI(\Sigma)$ 指数	营养状态分级
W_j —第 j 种参数营养状态指数相关权重;		$TLI(j)$ —第 j 种参数的营养状态指数。	r_{ij}	r_{ij}	
$TLI(chla) = 10(2.5 + 1.086 \ln chla)$		1	1	$TLI(\Sigma) < 30$	贫营养
$TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP)$		0.84	0.7056	$30 \leq TLI(\Sigma) \leq 50$	中营养
$TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$		0.82	0.6724	$TLI(\Sigma) > 50$	富营养
$TLI(SD) = 10(5.118 - 1.94 \ln SD)$		-0.83	0.6889	$50 < TLI(\Sigma) \leq 60$	轻度富营养
$TLI(COD_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn})$		0.83	0.6889	$60 < TLI(\Sigma) \leq 70$	中度富营养
				$TLI(\Sigma) > 70$	重度富营养

(3) 湖泊(水库)主要污染指标的确定:断面水质超过Ⅲ类标准时,取超标倍数最大的前3项为主要污染指标。超标倍数=某指标的浓

度值-该指标的Ⅲ类水质标准/该指标的Ⅲ类水质标准。

2 结果与讨论

监测，并对监测结果进行了评价，结果见表2。

2.1 辉山水库水质现状监测结果与评价

对辉山水库5个采样点进行了15项水质指标的

表2 辉山水库水质监测结果与评价

监测指标	变化范围/mg · L ⁻¹	平均值/mg · L ⁻¹	水质类别/标准/mg · L ⁻¹	平均值超标倍数
高锰酸盐指数	9.18~13.4	11.24	Ⅲ类/6, /Ⅴ类/Ⅳ类 10, Ⅴ类 15	0.87
化学需氧量 (COD)	39.2~71.2	55.66	Ⅲ类/20, 劣Ⅴ类/Ⅴ类 40	1.78
五日生化需氧量 (BOD ₅)	5.2~11.8	9	Ⅲ类/4, Ⅴ类/Ⅳ类 6, Ⅴ类 10	1.25
氨氮(NH ₃ -N)	1.47~2.75	1.94	Ⅲ类/1, 0, Ⅴ类/Ⅳ类 1.5, Ⅴ类 2.0	0.94
总磷 (以 P 计)	0.5~1.38	0.76	Ⅲ类/0.2, 劣Ⅴ类/Ⅴ类 0.2	14.2
总氮 (以 N 计)	5.56~8.92	6.85	Ⅲ类/0, 劣Ⅴ类/Ⅴ类 2.0	5.85
悬浮物	14~54	37.2	Ⅲ类/10, 劣Ⅴ类/Ⅴ类 10	2.72
阴离子表面活性剂	0.12~0.39	0.21	Ⅲ类/0.2, Ⅳ类/Ⅲ类 0.2, Ⅳ类 0.3	0.05
pH 值	7.53~7.65	7.58	Ⅰ类/ (Ⅰ~Ⅴ类) 6~9	0
粪大肠菌群	20~140/个 · L ⁻¹	80/个 · L ⁻¹	Ⅰ类/Ⅰ类 200	0
汞	<0.000 1	<0.000 1	Ⅲ类/<0.0001	
镉	<0.000 1	<0.000 1	Ⅰ类/<0.001	
铬 (六价)	<0.001	<0.001	Ⅰ类/<0.01	
铅	<0.001	<0.001	Ⅰ类/<0.01	
石油类	<0.04	<0.04	Ⅰ类/0.05	
水库水质评价	劣Ⅴ类, 重度污染			

按照《地表水环境质量评价办法》中规定的方法，取不同采样点每项水质指标算术平均值进行评价，根据参评的水质指标中算术平均值最高的一项来确定水库水质类别。文章取5个采样点每项水质指标算术平均值进行评价，从表2可以看出，本次监测参评的水质指标中算术平均值最高的4项为化学需氧量 (COD)、总磷、总氮、悬浮物都为劣Ⅴ类，那么评价水库水质类别为劣Ⅴ类，水库水质状况为重度污染。本次共监测15项水质指标中，平均值超出国家地表水Ⅲ类以上标准的水质类别指标有8项，水质指标平均值超标率为57%以上。说明辉山水库在本次监测中，有一半以上的水质指标不满足国家标准要求，水质环境质量严峻，应引起足够的重视。

2.2 辉山水库水质主要污染指标的确定

对本次监测评价超出国家Ⅲ类标准的超标污染物高锰酸盐指数、化学需氧量 (COD)、五日

生化需氧量 (BOD₅)、氨氮、总磷、总氮和阴离子表面活性剂的超标倍数进行计算，从表2中可以看到，本次监测的15项水质指标，pH值、重金属镉、重金属铬、重金属铅、重金属汞、石油类和粪大肠菌群几项指标在辉山水库水系水平含量较低，不属于辉山水库的主要污染物质。总磷、总氮和悬浮物平均值超出国家地表水Ⅲ类标准的倍数最大，分别为14.2倍、5.85倍和2.72倍。因此可以确定水库主要的污染指标为总磷、总氮和悬浮物。

2.3 水库富营养状态评价

按照《地表水环境质量评价办法》中规定的方法，根据营养状态评价指标叶绿素a (chl_a)、总磷 (TP)、总氮 (TN)、透明度 (SD) 和高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 5个采样点的监测平均值，对辉山水库进行了水质富营养化评价，结果见表3。

表3 辉山水库富营养状态评价

监测指标	监测指标平均值 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	W_j	$TLI(j)$	$W_j \cdot TLI(j)$
叶绿素 (chl-a)	0.028	0.266 3	-14	-3.728 3
总磷 (TP)	0.76	0.187 9	90	16.911
总氮 (TN)	6.85	0.179 0	87	15.573
透明度 (SD)	82.0	0.183 4	-34	-6.235 6
高锰酸盐指数 (COD_{Mn})	11.24	0.183 4	65	11.921
合计		$TLI(\Sigma)=34.441 1$		
评价结果		中营养状态		

从表3可以看出,综合营养状态指数 $TLI(\Sigma)$ 值为34.44,根据表1中湖泊(水库)水库水质营养状态评价分级标准,所以确定辉山水库水质为中营养化水平。说明辉山水库已经出现富营养化状态。但辉山水库的水质此次监测pH平均值为7.58,合乎国家Ⅰ类标准,说明水库虽然为中营养化水平,但还没有引发藻类水华的产生。这是因为一般在富营养化后期,是引发影响人类健康的毒素的藻类水华产生,藻类繁殖及光合作

用消耗大量的二氧化碳,能促使水体中 HCO_3^- 的不断分解能导致水体pH升高偏碱性^[7]。所以水库水体的富营养化要引起高度的重视,避免水库水质因长期富营养化引发藻类水华产生。

2.4 辉山水库水质污染源分析

对本次监测5个采样点超出国家Ⅲ类标准的超标污染物高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮、总磷、总氮和阴离子表面活性剂的含量进行比较分析,结果见表4。

表4 辉山水库5个采样点水质超标污染物监测值分析

监测指标	点位名称					最大值 出现点位	标准差	变异 系数
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]			
高锰酸盐指数	11.8	11.0	9.18	10.8	13.4	5 [#]	1.54	0.13
化学需氧量(COD)	71.2	44.7	39.2	54.9	68.3	1 [#]	14.08	0.25
五日生化需氧量(BOD ₅)	11.8	7.1	5.2	10.0	10.9	1 [#]	2.76	0.31
氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)	1.72	1.94	1.47	1.8	2.75	5 [#]	0.49	0.25
总磷(以P计)	0.68	0.59	0.50	0.64	1.38	5 [#]	0.35	0.46
总氮(以N计)	6.84	5.56	7.04	5.89	8.92	5 [#]	1.31	0.19
悬浮物	54.0	34	14	30	54	1 [#] , 5 [#]	17.06	0.46
阴离子表面活性剂	0.42	0.248	0.172	0.127	0.39	5 [#]	0.11	0.52

从表4可以看到,本次监测超标污染物含量最大值都出现在水库入口1#点位和靠近某工厂暗渠排放口5#点位,而且超标污染物的监测值在1#点位和5#点位大于其它3个采样点位。其主要原因是辉山明渠上游和某工厂暗渠排污输入的污染物所致。因此辉山明渠上游和某工厂暗渠排污口输入是辉山水库主要污染源。5#点位区域污染较重的另一个原因,一是5#点位区域,有大量动迁后的荒地,这些闲置裸露的荒地 in 降雨的冲刷下,给辉山水库带来了主要的地面径流污染源。再者水库5#点位区域蚯蚓养殖使用牛粪做原料,

无任何遮拦的牛粪堆积在库区旁,成为了库区最主要的农业污染源。另外库区周围其它的工业源和生活源以及农业源也是辉山水库的点源和面源污染源。

变异系数反映了总体样本中各采样点的平均变异程度。一般情况下,变异系数在0%~10%之间属于弱变异,在10%~100%之间属于中等变异,100%以上属于强变异^[8]。从表4可以看到,5个采样点的水质监测数据变异系数在10%~100%之间,属于中等变异,说明辉山水库整个库区水

(下转第56页)

- and traffic-related air pollution: a European assessment[J]. The Lancet, 2000, 356(9232):795-801.
- [12]覃辉艳.大气污染颗粒物PM_{2.5}诱导人支气管上皮细胞凋亡及其机制探讨[D].南宁:广西医科大学硕士学位论文,2012.
- [13]E Dabek-Zlotorzynska, T F Dann, P K Martinelango, et al. Canadian National Air Pollution Surveillance (NAPS) PM_{2.5} speciation program: Methodology and PM_{2.5} chemical composition for the years 2003-2008[J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(3): 673-686.
- [14]Z Zheng, X H Xu, X B Zhang, et al. Exposure to ambient particulate matter induces NASH-like phenotype and impairs hepatic glucose metabolism in an animal model[J]. Journal of Hepatology, 2013, 58(1):148-154.
- [15]张小曳.中国大气气溶胶及其气候效应的研究[J].地球科学进展, 2007, 22: 12-16.
- [16]Y H Cheng, H P Chang, C J Hsieh. Short-term exposure to PM₁₀, PM_{2.5}, ultrafine particles and CO₂ for passengers at an intercity bus terminal[J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(12): 2034-2042.
- [17]环境保护部,国家发展和改革委员会,财政部.重点区域大气污染防治“十二五”规划.国函〔2012〕146号,2012.
- [18]吴兑.探秘PM_{2.5}[M].北京:气象出版社,2013.
- [19]尹青,何金海,张华.激光雷达在气象和大气环境监测中的应用[J].气象与环境学报,2009,25(5):48-56.
- [20]潘鸽,耿福海,陈勇航,等.利用微脉冲激光雷达分析上海地区一次灰霾过程[J].环境科学学报,2010,30(11): 2164-2173.
- [21]姜杰,查勇,袁杰,等.遥感技术在灰霾监测中的应用综述[J].环境监测管理技术,2011,23(2):15-18.
- [22]黎刚.环境遥感监测技术进展[J].环境监测管理技术, 2007,19(1): 8-11.

(上接第44页)

质变化不均匀,主要是因为水质变化受库区沿岸污染物排放影响较大。因此,加强辉山水库周边污染物排放的监管对于保护辉山水库的水质具有重要的作用。

3 结论

(1)按照《地表水环境质量评价办法》中规定的方法对辉山水库水质污染现状进行评价,水库水质类别为劣Ⅴ类,水库水质状况为重度污染。在监测的15个指标中,有一半以上的指标达不到国家Ⅲ类水质标准要求,水质环境质量严峻。

(2)辉山水库综合营养状态指数 $TLI(\Sigma)$ 值为34.44,辉山水库水质富营养化评价结果为中营养化水平,但没有引发藻类水华的产生。

(3)辉山水库主要的污染指标为总磷、总氮和悬浮物,平均值超出国家地表水Ⅲ类标准的14.2倍、5.85倍和2.72倍。营养性污染物和悬浮固体污染物是辉山水库主要的污染物质。

(4)5个采样点的水质监测数据变异系数在10%~100%之间,属于中等变异,说明辉山水库整个库区水质变化不均匀,水质变化受库区沿岸污染物排放影响较大。辉山明渠上游和某工厂暗渠排污口输入是辉山水库主要污染源。库区周围大动迁后的荒地和蚯蚓养殖,给辉山水库带来了地面径流源和农业污染源污染。

参考文献

- [1]凡小梅,卫茹静,石登荣,等.沈阳城市水绿生态体系建设分析[J].上海师范大学学报:自然科学版, 2006, 35(3):88-91.
- [2]凡小梅,卫茹静,石登荣,等.浑河沈阳段“十二五”水环境建设技术对策[J].环境保护科学, 2011, 37(1):52-55.
- [3]环境保护部.中华人民共和国环境保护部行业标准地表水环境质量评价办法/环办22-2011[S].北京:中国环境科学出版社, 2011.
- [4]环境保护部.中华人民共和国环境保护业标准水质采样技术指导 HJ494-2009[S].北京:中国标准出版社, 2009.
- [5]环境保护部.中华人民共和国环境保护业标准《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91-2002[S].北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [6]环境保护部.中华人民共和国国家标准地表水环境质量标准GB3838-2002[S].北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [7]孙栋,段登选,王志忠,等.东平湖水质监测与评价[J].淡水渔业, 2006, 36(4):13-16.
- [8]齐鹏,张仁陟,张伯尧,等.兰州市土壤-蔬菜系统典型重金属空间评价及健康风险分析[J].干旱地区地理, 2012, 35(1): 162-170.